

Jéssica Maronez de Souza

**FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA E ACÚMULO DE
RESERVAS DA VAR. CABERNET SAUVIGNON EM DUAS
REGIÕES DE ALTITUDE DE SANTA CATARINA**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Recursos Genéticos
Vegetais da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do Grau
de Mestre em Ciência, área de
concentração em Recursos Genéticos
Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Aparecido Lima
da Silva

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

de Souza, Jéssica Maronez

FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA E ACÚMULO DE RESERVAS
DA VAR. CABERNET SAUVIGNON EM DUAS REGIÕES DE
ALTITUDE DE SANTA CATARINA / Jéssica Maronez de
Souza ; orientador, Aparecido Lima da Silva - SC,
2017.

88 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos
Vegetais, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Cabernet
Sauvignon. 3. Fluorescência da clorofila. 4.
Acúmulo de reservas. 5. Regiões de altitude. I. da
Silva, Aparecido Lima. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos
Genéticos Vegetais. III. Título.

Jéssica Maronez de Souza

**FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA E ACÚMULO DE
RESERVAS DA VAR. CABERNET SAUVIGNON EM DUAS
REGIÕES DE ALTITUDE DE SANTA CATARINA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Ciências, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais

Florianópolis, 24 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. Paulo Emilio Lovato, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Aparecido Lima da Silva, Dr.
Orientador - Universidade Federal de Santa Catarina

Marco Antônio Dal Bó, Dr.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Alberto Fontanella Brighenti, Dr.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Afonso Inácio Orth, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

A todos aqueles que me incentivaram,
apoiaram e deram força durante todo o
percurso.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus permitiu que eu chegasse até aqui, vencendo os desafios que surgiram ao longo da caminhada.

Ao Douglas, meu namorado, companheiro e parceiro pela paciência, amor, força e incentivo que permitiram que eu não desistisse mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Valéria e Emir, que me ensinaram o valor do estudo e da dedicação desde pequena, por todo amor e ensinamentos durante a vida. Aos meus irmãos, Amanda, Liliane, Lucca e Luciane pelo amor e carinho e por entenderem minhas ausências nesses dois anos. Aos meus avós, por sempre acreditarem e apostaram em mim. Aos meus sogros, pelo carinho, força e auxílio prestados. À toda a minha família.

Ao professor Aparecido, pela oportunidade, orientação e paciência mesmo nos momentos de dificuldades.

À CAPES e à FAPUE pelo apoio financeiro que permitiu o desenvolvimento desse estudo.

À todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais e da EPAGRI, que de alguma forma contribuíram para a minha formação e execução do projeto.

Aos companheiros do grupo NEUVIN, por me receberem de braços abertos, pela ajuda ao longo do mestrado e as risadas nas degustações. Um agradecimento especial para Anyela, Tamara, Jaqueline e Tiago, que se tornaram amigos, por toda ajuda até os últimos instantes. Sem vocês não teria sido possível.

À todos os colegas de mestrado, que me receberam tão bem e tornaram mais fácil minha adaptação nesse novo local, pelo companheirismo e amizade. Agradecimento especial à Lara, pela companhia nos intermináveis momentos no laboratório.

Aos amigos, que mesmo de longe me deram carinho e força durante esses dois anos.

À todos os amigos, colegas e profissionais que de alguma forma contribuíram para a realização desse projeto.

“A sabedoria não vem automaticamente com a idade. Nada vem - exceto rugas. É verdade, alguns vinhos melhoram com o tempo, mas apenas se as uvas eram boas em primeiro lugar.”

(Abigail Van Buren)

RESUMO

A Cabernet Sauvignon, uma das variedades de videira (*Vitis vinifera* L.) com maior área cultivada em regiões de elevada altitude de Santa Catarina, apresenta potencial para produção de vinhos de qualidade em regiões superiores a 900 m de altitude. No entanto, ela vem apresentando menor produtividade em São Joaquim em relação a regiões de menor altitude, principalmente em Campo Belo do Sul. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os teores de clorofila, fluorescência da clorofila e o acúmulo de reservas da variedade Cabernet Sauvignon em duas regiões de altitude de Santa Catarina, São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m), a fim de elucidar as respostas fisiológicas da variedade às condições climáticas de seu local de cultivo. As áreas experimentais estão na Vinícola Abreu Garcia, em Campo Belo do Sul e na Estação experimental da Epagri, em São Joaquim. Foram coletadas 12 folhas de Cabernet Sauvignon em ambos locais nos períodos da colheita e queda das folhas para realização das análises de fluorescência em folhas adaptadas ao escuro e quantificação dos teores de clorofila. Foram realizadas curvas de resposta à luz em cinco folhas em condições de luz natural, em delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições por local. Também foi realizada a avaliação de carboidratos e amido em ramos e gemas de Cabernet Sauvignon, coletadas nos períodos de colheita, queda das folhas e poda, em ambos locais. Para isso foi coletado um ramo por planta de quatro plantas em cada época e local. Os teores de clorofila nas folhas de Cabernet Sauvignon foram mais elevados na região de maior altitude no período da colheita. Na queda das folhas não houve diferença entre os locais. Além disso, houve uma diminuição dos valores de clorofila entre as épocas de colheita e queda das folhas em ambos locais. Os resultados de fluorescência máxima e rendimento quântico potencial foram superiores na região de maior altitude. A taxa de transporte de elétrons máxima foi mais elevada em São Joaquim no período da colheita e em Campo Belo do Sul na queda das folhas. Na colheita, a DFFFA_{sat} foi superior em São Joaquim e na queda das folhas foi superior em Campo Belo do Sul. No período da colheita o teor de carboidratos nos ramos de Cabernet Sauvignon em São Joaquim foi superior ao encontrado em Campo Belo do Sul. Na queda das folhas o valor foi similar entre os locais. Não foram observadas diferenças significativas para valores de carboidratos nos ramos no período da poda. Os teores de carboidratos nos ramos em Campo Belo do Sul foram superiores no período da poda. Em São Joaquim, os maiores valores foram observados na colheita e na poda. Os teores de carboidratos nas

gemas não diferiram entre as regiões em nenhum dos períodos avaliados. Os maiores teores de carboidrato nas gemas foram observados nos períodos da colheita e da poda em ambos os locais. Nas folhas os teores foram superiores colheita em Campo Belo do Sul, em ambos períodos. Os teores de carboidratos nas folhas nas duas regiões foram semelhantes em ambos períodos avaliados. Em todas as épocas os teores de amido nos ramos foram similares para Campo Belo do Sul e São Joaquim. O teor de amido nos ramos na região de Campo Belo do Sul foi superior no período da poda. Na região de São Joaquim não houve diferença entre as épocas. Não foram observadas diferenças nos teores de amido em gemas entre os locais em nenhum dos períodos. A concentração de amido em gemas de Cabernet Sauvignon foi superior no período da poda em ambas regiões. Na colheita e na queda das folhas os valores de amido foram superiores em Campo Belo do Sul. Os teores de amido nas folhas foram superiores no período da colheita em Campo Belo do Sul. Em São Joaquim não houve diferença entre os períodos. Em Campo Belo do Sul, as maiores concentrações de carboidratos e amido em ramos e gemas foram observadas no período da poda. Em São Joaquim as quantidades foram semelhantes na colheita e na poda, sendo superiores em relação a queda das folhas. Os resultados obtidos nesse estudo demonstram boas condições fotossintéticas das folhas e bom acúmulo de reservas em plantas de Cabernet Sauvignon em São Joaquim. Tais resultados não explicam a ocorrência de menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon nesse local. No entanto, outros fatores podem afetar a produtividade da videira, por isso, são necessários estudos adicionais a fim de compreender as diferenças produtivas entre as regiões.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L. Regiões de altitude. Rendimento quântico. Carboidrato. Amido.

ABSTRACT

Cabernet Sauvignon, one of the grape varieties (*Vitis vinifera* L.) with the largest cultivated area in Santa Catarina high altitude regions, has the potential to produce quality wines in regions above 900 m of altitude. However, it has showed lower productivity in São Joaquim in relation to lower altitude regions, mainly in Campo Belo do Sul. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the chlorophyll, chlorophyll fluorescence and reserves accumulation of the Cabernet Sauvignon variety in two highland regions of Santa Catarina, São Joaquim (1,400 m) and Campo Belo do Sul (950 m), in order to elucidate the physiological responses of the variety to the climatic conditions of its cultivation site. The experimental areas are at Abreu Garcia Winery, in Campo Belo do Sul and at the experimental station of Epagri, in São Joaquim. Twelve leaves of Cabernet Sauvignon were collected at both sites during the harvest and leaf fall periods to perform the fluorescence analyzes on leaves adapted to the dark and quantify the levels of chlorophyll. Light response curves were performed in five field leaves, in a completely randomized design, with 5 replications per site. The evaluation of carbohydrates and starch in Cabernet Sauvignon twigs and buds collected during the harvesting, leaf fall and pruning periods was also carried out at both sites. For this, a branch per plant of four plants was collected in each season and place. The levels of chlorophyll in the Cabernet Sauvignon leaves were highest in the region of higher altitude at harvest time. In the fall of the leaves no differences between the sites were observed. In addition, there was a decrease in the values of chlorophyll between harvesting time and leaves fall at both sites. The results of maximum fluorescence and potential quantum yield were higher at higher altitude region. The maximum electron transport rate was highest at São Joaquim in the harvest period and at Campo Belo do Sul in leaves fall. At harvest, PPFDsat was higher in São Joaquim and at leaves fall was higher in Campo Belo do Sul. In the harvest period, the carbohydrate content in the Cabernet Sauvignon branches in São Joaquim was higher than that found in Campo Belo do Sul. In the leaves fall the value was similar between the sites. No significant differences were observed for carbohydrate values in the pruning. Carbohydrate contents in the branches of Campo Belo do Sul were higher during the pruning period. In São Joaquim, the highest values were observed at harvest and pruning. The carbohydrate content in the buds did not differ between the two regions in any of the evaluated periods. The highest carbohydrate contents in the buds were observed during harvesting and pruning periods

at both sites. In leaves the contents were highest at harvest in Campo Belo do Sul in both periods. Carbohydrate contents in leaves in both regions were similar in both evaluated periods. In all seasons the starch contents in the branches were similar to Campo Belo do Sul and São Joaquim. The starch content in the branches in the Campo Belo do Sul region was higher during the pruning period. In the region of São Joaquim there was no difference between the seasons. No differences were observed in the starch contents in buds between the sites in any of the periods. The concentration of starch in Cabernet Sauvignon buds was higher during the pruning period in both regions. In the harvest and the fall of the leaves, the starch values were higher in Campo Belo do Sul. The leaf starch content was higher during the harvest period in Campo Belo do Sul. In São Joaquim there was no difference between the periods. In Campo Belo do Sul, the highest concentrations of carbohydrates and starch in branches and buds were observed during the pruning period. In São Joaquim, the amounts were similar in the harvest and in the pruning, being superior in relation to the fall of the leaves. The results obtained in this study demonstrate good photosynthetic conditions of the leaves and good accumulation of reserves in Cabernet Sauvignon plants in São Joaquim. These results do not explain the occurrence of lower productivity of the Cabernet Sauvignon variety at this location. However, other factors may affect vine productivity, so additional studies are needed to understand the productive differences between regions.

Keywords: *Vitis vinifera* L. Altitude regions. Quantum yield. Carbohydrate. Starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura interna de um cloroplasto (A) e as reações luminosas (na membrana do tilacóides) e de carboxilação (no estroma) da fotossíntese dentro do cloroplasto (B).....	36
Figura 2. Esquema simplificado do processo fotossintético.	37
Figura 3. Distribuição da luz absorvida pela folha. PAR: Radiação Fotossinteticamente ativa. UV: Radiação Ultra-Violeta. FR: Radiação Vermelho Distante. IR: Radiação Infravermelho.	38
Figura 4. Relação entre leitura do SPAD e a clorofila total (mg/g MF) em folhas de Cabernet Sauvignon cultivada em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.	58
Figura 5. Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) e taxa de transporte de elétrons (ETR) ($\mu\text{molfotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) versus densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) ($\mu\text{molfotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) da variedade Cabernet Sauvignon em condições de luz ambiental a 950 m (A) e 1.400 m (B), SC, no período de colheita, 2016.	63
Figura 6. Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) e taxa de transporte de elétrons (ETR) ($\mu\text{molfotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) versus densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) ($\mu\text{molfotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) da variedade Cabernet Sauvignon em condições de luz ambiental a 950 m (A) e 1.400 m (B), SC, no período de queda das folhas, 2016.	64
Figura 7. Teores de carboidratos (mg/g MS) em ramos de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).	75
Figura 8. Teores de carboidratos (mg/g MS) em gemas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).	76
Figura 9. Teores de carboidratos (mg/g MS) em folhas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em duas épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).....	77
Figura 10. Teores de amido (mg/g MS) em ramos de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São	

Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$). 78

Figura 11. Teores de amido (mg/g MS) em gemas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$). 79

Figura 12. Teores de amido (mg/g MS) em folhas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em duas épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$). 79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área plantada de videiras nos principais Estado do Brasil, em hectares.....	28
Tabela 2. Exportações e importações de vinhos e espumantes no Brasil (quantidade em 1.000 L; valor em US\$ 1.000,00).	29
Tabela 3. Teores de clorofila (mg/g MF) em folhas de Cabernet Sauvignon em duas regiões de altitude Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.	56
Tabela 4. Conteúdo relativo de clorofila (índice SPAD) em folhas de Cabernet Sauvignon em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.	57
Tabela 5. Fluorescência mínima (Fo), fluorescência máxima (Fm) e rendimento quântico potencial (Fv/Fm) de folhas de Cabernet Sauvignon adaptadas ao escuro em diferentes regiões de altitude, Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP – Adenosina Trifosfato

BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul

CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorológicos de Santa Catarina

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ETR – Taxa de transporte de elétrons

Fo – Fluorescência mínima (centros de reação do PSII abertos - amostras adaptadas ao escuro)

Fm – Fluorescência máxima (centros de reação do PSII fechados - amostras adaptadas ao escuro)

Fv – Fluorescência variável (amostras adaptadas ao escuro)

Fv/Fm: – Rendimento quântico máximo do PSII

IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho

NADPH – Nicotinamida Adeninina Dinucleotídio Fosfato Reduzida

nm – Nanômetros – unidade de comprimento de onda

NPQ – Dissipação não-fotoquímica (quenching não-fotoquímico)

P680 – Molécula de clorofila *a* com comprimento de onda de 680 nm

P700 – Molécula de clorofila *a* com comprimento de onda de 700 nm

PAR – Radiação Fotossinteticamente Ativa

PSI – Fotossistema I

PSII – Fotossistema II

qn – Dissipação não-fotoquímica (quenching não-fotoquímico)

qp – Dissipação fotoquímica (quenching fotoquímico)

$\Delta F/F_m'$ – Rendimento quântico efetivo do PSII

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
1.1. OBJETIVOS	25
1.1.1. Objetivo Geral	25
1.1.2. Objetivos Específicos.....	25
2. CAPÍTULO I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1. A VIDEIRA	26
2.1.1 Variedade Cabernet Sauvignon	26
2.2. VITICULTURA NO BRASIL	27
2.3. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	29
2.3.1. Radiação solar	30
2.3.2 Precipitação pluviométrica.....	31
2.3.3. Temperatura do ar	32
2.3.4. Umidade relativa do ar	34
2.3.5. Fenologia	34
2.4. CLOROFILA E O PROCESSO FOTOSSINTÉTICO	35
2.5. FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA	37
2.6. ACÚMULO DE RESERVAS NAS PLANTAS	40
2.7. REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO II. Teores de clorofila e fluorescência da clorofila em folhas da videira ‘Cabernet Sauvignon’ em duas regiões de altitude do Planalto Catarinense.....	51
Introdução.....	52
Material e Métodos.....	53
Resultados e Discussão.....	55
Conclusões.....	65
Referências.....	65

CAPÍTULO III. Acúmulo de reservas na videira ‘Cabernet Sauvignon’ em duas regiões de altitude do Planalto Catarinense ...71

Introdução72

Material e Métodos73

Resultados e Discussão75

Conclusões82

Referências.....82

3. CONCLUSÃO85

APÊNDICE A87

APÊNDICE B88

APÊNDICE C88

1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura brasileira, em larga escala, teve início no século XIX, com a fabricação de vinhos pelos imigrantes italianos, na região sul do país, mais especificamente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. No entanto, até a década de 70, a maior parte das variedades cultivadas eram comuns (americanas e híbridas), tendo o cultivo de variedades viníferas, destinadas a produção de bebidas finas, aumentado quando empresas estrangeiras decidiram investir na produção de uvas e derivados no Estado do Rio Grande do Sul (BRDE, 2005).

A viticultura brasileira ocupa uma área de cerca de 79 mil hectares, sendo o Rio Grande do Sul o Estado com a maior área, seguido por São Paulo, Pernambuco e Santa Catarina (MELLO, 2016). No país existem mais de mil vinícolas localizadas em diversas regiões, como o Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste, principalmente em pequenas propriedades rurais. Isso se deve à grande capacidade de adaptação da videira a diferentes condições climáticas, além do aprimoramento de tecnologias de produção e da alta rentabilidade do cultivo de uvas (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008; IBRAVIN, 2016).

O país ocupa o posto de 16º maior produtor mundial de vinhos e quinto maior produtor no Hemisfério Sul, sendo considerado um dos mercados com maior crescimento mundial (TONIETTO, 2009; IBRAVIN, 2016), com uma produção anual de uvas entre 1,3 e 1,4 milhões de toneladas (CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011).

Atualmente tem se desenvolvido pesquisas com as principais variedades europeias em diversos locais de altitude em Santa Catarina, a fim de avaliar sua adaptação e potencial para produção de vinhos de qualidade (BRIGHENTI; BRGHENTI; PASA, 2016). Dentre as mais estudadas está a variedade francesa Cabernet Sauvignon, uma das mais cultivadas no mundo, cujos vinhos possuem coloração intensa, complexidade de aroma e são ricos em taninos (CAMARGO, 2009).

Em Santa Catarina, em altitudes menores que 900 metros essa variedade inicia sua brotação na segunda quinzena de setembro chegando a maturação em março. Para altitudes maiores que 900 metros a brotação inicia no início de setembro e a maturação dos frutos ocorre entre os meses de abril e maio (SOUZA; SOUZA; CALIARI, 2015). O ciclo da planta se torna mais longo nas regiões mais altas, onde as temperaturas são menores (BRIGHENTI et al., 2013).

As regiões mais frias de Santa Catarina, com altitudes superiores à 900 metros, possuem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da Cabernet Sauvignon (MUNIZ et al., 2015) e possuem bom potencial para produção de vinhos finos (SIMON, 2014; SOUZA; SOUZA; CALIARI, 2015).

Embora essa variedade apresente bom potencial para produção de vinhos de qualidade nas regiões de São Joaquim e Campo Belo do Sul, ela apresenta menor produtividade em São Joaquim, região onde o ciclo produtivo é maior (GAVIOLI, 2011; MUNIZ et al., 2015), sendo de 1,6 kg/planta, enquanto em Campo Belo do Sul foi de 2,1 kg/planta, no ciclo 2012/2013 (MUNIZ et al., 2015).

Diversos fatores podem afetar a produtividade da videira, tais como as condições climáticas, a nutrição mineral, a disponibilidade hídrica, as práticas culturais e a incidência de pragas e doenças (CHAVARRIA et al., 2009).

Além de influenciar no crescimento e desenvolvimento da planta, as condições climáticas podem ajudar a definir o potencial de cultivo de cada região para a viticultura (TONIETTO; MANDELLI, 2003; TEIXEIRA; MOURA; ANGELOTTI, 2010).

A condição nutricional das plantas também influencia o seu desempenho. O conteúdo de açúcares e amido nas gemas possui correlação positiva com a fertilidade das mesmas. Além disso, os teores de açúcares e amido nas folhas variam com o estágio fenológico, época e condições climáticas em que as plantas se encontram (RIBEIRO et al., 2004; SOUZA; RIBEIRO; PIONÓRIO, 2011).

A produção desses açúcares se dá através do processo fotossintético, que pode ser definido como a síntese de compostos orgânicos a partir de compostos inorgânicos (CO_2 e H_2O) na presença de luz solar (VIEIRA et al., 2010). Uma maneira de se obter informações sobre a performance fotossintética das plantas é através da avaliação da fluorescência da clorofila, a qual tem sido bastante utilizada em estudos ecofisiológicos (MAXWELL; JOHNSON, 2000; FALQUETO et al., 2008).

Diante do exposto, objetiva-se com este trabalho avaliar a fluorescência de clorofila e acúmulo de reservas da variedade Cabernet Sauvignon em duas regiões de altitude de Santa Catarina.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar a fluorescência da clorofila e o acúmulo de reservas da variedade Cabernet Sauvignon em regiões de altitude de Santa Catarina, nos municípios de São Joaquim e Campo Belo do Sul, a fim de elucidar as respostas fisiológicas da variedade às condições climáticas de seu local de cultivo.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Quantificar o teor de clorofila e tempo de permanência das folhas nas plantas de Cabernet Sauvignon durante o ciclo vegetativo em Campo Belo do Sul e São Joaquim;
- Verificar o rendimento quântico do processo fotossintético de folhas de Cabernet Sauvignon durante o ciclo vegetativo, através da determinação de parâmetros de fluorescência da clorofila, em Campo Belo do Sul e São Joaquim;
- Analisar o acúmulo de reservas de amido e carboidratos em folhas, gemas e ramos de Cabernet Sauvignon, durante o ciclo vegetativo em Campo Belo do Sul e São Joaquim;
- Comparar aspectos climáticos de São Joaquim e Campo Belo do Sul e correlaciona-los ao comportamento fisiológico e acúmulo de reservas nas plantas de Cabernet Sauvignon.

2. CAPÍTULO I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A VIDEIRA

A videira pertence à família *Vitaceae*, cujo único gênero de importância agrônômica (*Vitis*) inclui diversas espécies e variedades cultivadas em todas as regiões temperadas e tropicais do mundo para produção de frutos para consumo *in natura*, processados, para produção de sucos, vinhos ou outros derivados do fruto (RIAZ et al., 2004; NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008).

No Brasil são cultivadas, principalmente, as espécies *V. vinifera* (videira europeia), utilizada na produção de vinhos finos, *V. labrusca* e *V. bourquina* (videiras americanas), consideradas mais resistentes à pragas e doenças e utilizadas na fabricação de vinhos comuns, além de algumas variedades híbridas (BRDE, 2005), como *V. riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri*, *V. champini*, *V. aestivalis*, que também costumam ser utilizadas como porta-enxertos, devido sua rusticidade e resistência (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008).

A espécie *V. vinifera* L. é originária da região do Cáucaso, com surgimento datado de cerca de 300 mil anos, sendo posteriormente difundida para as regiões do Oriente Médio, Mediterrâneo e Ásia Menor e em seguida para a América e Oceania. É caracterizada pela qualidade de seus frutos e fineza dos seus vinhos (GIOVANNINI, 2014).

Segundo Camargo (2009), as principais variedades finas de vinho tinto são a Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Merlot, Pinotage, Pinot Noir, Syrah e Tannat. As variedades mais cultivadas de vinho branco são a Chardonnay, Malvasia Bianca, Moscato Branco, Moscato Canelli, Prosecco e Riesling Itália.

2.1.1 Variedade Cabernet Sauvignon

A Cabernet Sauvignon é uma variedade antiga de *V. vinifera* L., originária de Bordeaux, na França e, atualmente, uma das mais plantadas mundialmente. É um cruzamento natural da Cabernet Franc com a Sauvignon Blanc. Suas plantas são bastante vigorosas, com produtividade mediana, mas com bom potencial para elaboração de vinhos tintos com intensa coloração, riqueza em taninos e complexidade de aroma, com sabor herbáceo (CAMARGO, 2009; GIOVANNINI, 2014).

É uma das principais variedades tintas cultivadas no Brasil e, assim como a maioria das variedades finas, é exigente quanto às condições climáticas, preferindo climas secos, com baixa umidade relativa do ar e alta insolação (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008). Apresenta maturação tardia e sensibilidade à algumas doenças como míldio e antracnose.

Em regiões de elevada altitude, como em São Joaquim, SC, devido ao clima frio, seu ciclo vegetativo fica mais longo, alcançando a maturação no mês de abril, o que leva os frutos a terem um índice de maturação elevado, próximo a 23,5° Brix, possibilitando a produção de vinhos de elevada qualidade (BOTELHO; PIRES, 2009; BORGHEZAN et al., 2011; BRIGHENTI et al., 2013; BRIGHENTI et al., 2015).

Em Santa Catarina, em altitudes menores que 900 metros essa variedade inicia sua brotação na segunda quinzena de setembro chegando a maturação em março. Para altitudes maiores que 900 metros a brotação inicia no início de setembro e a maturação dos frutos ocorre entre os meses de abril e maio, devido às diferenças climáticas existentes nas diferentes regiões (SOUZA; SOUZA; CALIARI, 2015).

2.2. VITICULTURA NO BRASIL

A área vitícola brasileira diminuiu nos últimos anos, de 81,60 mil hectares em 2013 para 79,09 mil hectares em 2015, sendo o Rio Grande do Sul o Estado com maior área de vinhedos, com 50,74 mil hectares, seguido por São Paulo, Pernambuco. A área vitícola catarinense aumentou no mesmo período, de 4,47 mil hectares em 2013 para 4,94 mil hectares em 2015, ocupando a quarta posição brasileira em maior área plantada com videiras, como mostra a **Tabela 1** (MELLO, 2016).

A produção anual de uvas no Brasil oscila entre 1, 3 milhões e 1,4 milhões de toneladas (CAMARGO; TONETTO; HOFFMANN, 2011). A vitivinicultura brasileira é considerada bastante diversa, por ser formada pelo cultivo de uvas finas para produção de vinhos finos e americanas e híbridas para produção de sucos e vinhos de mesa (CAMARGO; MAIA; RITSCHER, 2010). Os vinhos de mesa têm uma participação de 80% da produção nacional, enquanto os finos ocupam 20% da produção brasileira (DEBASTIANI et al., 2016).

A produção de vinhos finos é mais desenvolvida na região Sul, onde há uma safra por ano, e no Nordeste, onde realizam-se colheitas ao longo do ano. Os principais Estados produtores de vinhos finos são o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Pernambuco e Bahia. As regiões produtoras no Rio

Grande do Sul são a Serra Gaúcha, Campanha e Serra do Sudeste, cujo um dos locais obteve a primeira Indicação Geográfica do Brasil: a Indicação de Procedência Vale dos Vinhedos. Em Santa Catarina a principal região produtora é o Planalto Catarinense, região vitivinícola mais fria do país. Em Pernambuco e na Bahia, onde encontra-se o Vale do Submédio São Francisco o cujo clima permite a produção de uvas e vinhos durante todo o ano (TONIETTO, 2009).

Tabela 1. Área plantada de videiras nos principais Estado do Brasil, em hectares.

Estado\Ano	2013	2014	2015
Rio Grande do Sul	51.450	51.005	50.743
São Paulo	9.526	8.308	7.821
Pernambuco	6.817	6.833	6.833
Santa Catarina	4.474	4.989	4.940
Paraná	5.824	5.580	4.800
Bahia	2.395	2.864	2.861
Minas Gerais	849	834	925
Goiás	222	138	133
Ceará	50	25	38
Brasil	81.607	80.576	79.094

Fonte: Adaptado de Mello (2016).

O consumo anual total de vinhos no Brasil é de 350 milhões de litros, sendo o consumo *per capita* anual de 1,7 L. O maior consumidor mundial é a Cidade Estado do Vaticano, com 54,26 L *per capita*. O consumo da França é de 42,51L, de Portugal 41,74L, da Itália de 33,3L, Uruguai com 29,19L, Argentina com 23,46L e Chile com 17,46L, mostrando que o consumo de vinhos no país é ainda baixo, quando comparado a outros países, incluindo os países da América do Sul (WINE INSTITUTE, 2014).

No ano de 2015, o país exportou cerca de 1,25 milhões de litros de vinho e 145 mil litros de espumantes, equivalente a 2,92 milhões de dólares e 712 mil dólares, respectivamente. A quantidade de vinhos importados aumentou em 2015, passando de 67,95 milhões de litros em 2013 para 77,68 milhões de litros em 2015 e a de espumante diminuiu 4,3 milhões de litros em 2013 para 4,1 milhões de litros em 2015, como mostra a **Tabela 2**. Os dados demonstram bom desempenho do mercado nacional de vinhos e

espumantes em 2015, sendo a diminuição das exportações e aumento das importações influência da elevação da taxa de câmbio (MELLO, 2016).

Tabela 2. Exportações e importações de vinhos e espumantes no Brasil (quantidade em 1.000 L; valor em US\$ 1.000,00).

Discriminação	2013		2015	
	Quantidade	Valor	Quantidade	Valor
Exportações				
Vinhos	9.149	22.745	1.254	2.926
Espumantes	215	929	145	712
Importações				
Vinhos	67.954	255.566	77.685	258.978
Espumantes	4.269	34.652	4.105	32.862

Fonte: adaptado de Mello (2016).

O consumo brasileiro de vinhos finos ainda é expressivamente abastecido por vinhos importados de outros países. No entanto, o aumento de interesse e introdução de variedades viníferas em diferentes regiões e condições climáticas tem oportunizado a produção de vinhos finos de alta qualidade, favorecendo o aumento da sua representatividade no mercado nacional e até mesmo no internacional (DEBASTIANI et al., 2016).

2.3. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O clima é um dos fatores mais importantes para a vitivinicultura durante todo o ciclo de cultivo da videira, desde o repouso vegetativo (inverno), brotação, floração, frutificação e crescimento dos frutos (primavera/verão), até a maturação das bagas (verão/outono) e a queda das folhas, no outono (MONTEIRO; TONIETTO, 2013).

Os fatores ecofisiológicos mais importantes no cultivo da videira são a radiação solar, a precipitação pluviométrica, a temperatura e a umidade relativa do ar, pois influenciam no crescimento e desenvolvimento da planta (TEIXEIRA; MOURA; ANGELOTTI, 2010).

As regiões mais frias de Santa Catarina, com altitudes superiores à 900 metros, possuem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da Cabernet Sauvignon e possuem bom potencial para produção de vinhos finos

(BORGHEZAN et al., 2011; BRIGHENTI et al., 2013; SIMON, 2014; SOUZA; SOUZA; CALIARI, 2015; MUNIZ et al., 2015).

Embora essa variedade apresente bom potencial para produção de vinhos de qualidade nas regiões de São Joaquim e Campo Belo do Sul, tem-se observado uma menor produtividade em São Joaquim, região onde o ciclo vegetativo é mais longo. Os valores mais elevados de temperatura, maior radiação solar global e fotossinteticamente ativa e os índices mais baixos em precipitação de Campo Belo do Sul são os principais parâmetros climáticos que diferenciam essas regiões (GAVIOLI, 2011; VIEIRA et al., 2011; MUNIZ et al., 2015).

A variedade Cabernet Sauvignon possui características que a tornam adaptada às condições de São Joaquim, como sua brotação tardia, protegendo a planta dos possíveis danos na parte aérea que podem ser causados pelas geadas tardias que ocorrem na região, e sua maturação tardia, a qual ocorre quando há menor precipitação e umidade, permitindo a maturação dos frutos em boas condições sanitárias (ROSIER et al., 2004).

No entanto, as temperaturas mais elevadas e a maior intensidade de radiação solar de Campo Belo do Sul resultaram em plantas com ciclo mais curto e maior acúmulo térmico, além de resultar em maior potencial fotossintético e maior teor de clorofila nas folhas após a colheita, o que levou a um maior potencial produtivo em relação a São Joaquim (SIMON, 2014).

2.3.1. Radiação solar

A radiação solar é fundamental para o desenvolvimento e crescimento das plantas, os quais são efetuados por processos fotomorfogenéticos e fotossintéticos. Ela também fornece energia para o processo de evapotranspiração. Quanto maior sua intensidade maior o teor de açúcares acumulados nos frutos das videiras (KUNZ et al., 2007; TEIXEIRA; MOURA; ANGELOTTI, 2010). Além disso, ainda possui influência sobre outros fatores climáticos, como a temperatura, evapotranspiração e umidade atmosférica (CARRASCO; ORTEGA-FARIAS, 2008).

A videira requer elevada insolação durante o período vegetativo, condição que favorece o processo fotossintético, responsável pela síntese de açúcares na planta (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Uma alta disponibilidade de radiação solar também é desejada em cultivo visando produção de uvas para elaboração de vinhos finos (SANTOS et al., 2011).

Gavioli (2011) verificou valores de radiação fotossinteticamente ativa suficientes para realização da fotossíntese, com valores acima de 500 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ entre 8 às 18 horas, em todos os estádios fenológicos do desenvolvimento de Cabernet Sauvignon tanto em São Joaquim quanto em Campo Belo do Sul.

Em vinhedo de altitude no município de São Joaquim foi observada uma maior disponibilidade de radiação solar global nos meses de novembro e dezembro, sendo este o período de maior crescimento dos ramos (CAMPOS et al., 2013). A elevada taxa de radiação solar nessa região durante o período de maturação das bagas contribuiu positivamente na formação de compostos fenólicos nos frutos (BRIGHENTI et al., 2015).

Na variedade Cabernet Sauvignon, em Campo Belo do Sul, no ciclo 2007/2008, Malinovski et al. (2012) observaram valores máximos de radiação solar global (Rg) de 1.086 W/m^2 e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) de 2.278 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Muniz et al. (2015) encontraram a maior média horária de radiação solar global (Rg) de 837,4 W/m^2 em Campo Belo do Sul e 794,5 W/m^2 em São Joaquim. Para a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) o valor foi de 1.364,3 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em Campo Belo do Sul e 1.130,7 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em São Joaquim. Além da radiação incidente ser maior em Campo Belo do Sul, os autores também observaram maior duração da disponibilidade de radiação para as videiras em comparação a São Joaquim.

As diferenças observadas entre as regiões podem ser causadas por diversos fatores que afetam a quantidade e qualidade da radiação solar incidente, dentre eles estão a altitude, latitude, longitude, época do ano, horário do dia, umidade do ar, nebulosidade, exposição do terreno e o ângulo de elevação solar (PANDOLFO, 2010).

2.3.2 Precipitação pluviométrica

A videira é uma espécie considerada bastante tolerante à seca, podendo ser produzida sem auxílio de irrigação mesmo em regiões com precipitação de apenas 250 mm entre a brotação e a maturação. No período do inverno as chuvas são importantes apenas para reserva hídrica no solo, também para o início do ciclo na primavera, cujo período exige disponibilidade de água, sendo o excesso, indesejável, pois favorece a incidência de algumas doenças fúngicas (TONIETTO; MANDELLI, 2003).

A precipitação em excesso pode ser prejudicial para o cultivo da videira em todo o ciclo de cultivo. No início do ciclo, quando pode criar um

ambiente favorável ao aparecimento de fungos. Sua ocorrência no estágio de floração pode dificultar a fecundação, levando ao aborto de flores. Já no estágio fenológico de maturação dos frutos, o excesso de chuvas pode causar ruptura dos frutos, levando a sua podridão (TEIXEIRA; MOURA; ANGELOTTI, 2010).

Para obtenção de vinhos finos é necessário que as uvas possuam boa qualidade, o que pode ser alcançado com condições climáticas adequadas durante o período de maturação, ou seja, alta insolação e baixa precipitação pluviométrica, o que favorece a qualidade organoléptica dos vinhos. Altas taxas de precipitação durante o período de maturação dos frutos podem causar danos nas bagas e, conseqüentemente, diminuir a qualidade dos vinhos (MOTA, 2003; MALINOVSKI, 2009).

Muniz et al. (2015) observaram uma precipitação de 418 mm em São Joaquim e 205 mm em Campo Belo do Sul no período entre *véraison* e maturação da variedade Cabernet Sauvignon.

Gavioli (2011) observou uma precipitação pluviométrica de 999,8 mm em São Joaquim, e 870,0 mm em Campo Belo do Sul, no ciclo de 2008/2009, valores considerados elevados para o cultivo da videira.

A precipitação pluviométrica média observada ao longo do ciclo da videira em São Joaquim, nos ciclos de 2010 a 2013 foi de 1.214 mm. A taxa e a frequência de precipitação nessas regiões são consideradas elevadas para a cultura e são os fatores climáticos mais limitantes para a viticultura em regiões de elevada altitude no sul do país (BRIGHENTI et al., 2015).

2.3.3. Temperatura do ar

As temperaturas ideais para a fotossíntese da videira ficam entre 25 e 30°C, onde ocorre a máxima atividade fotossintética. Temperaturas acima de 30°C reduzem a eficiência da fotossíntese, podendo cessar em temperaturas acima de 45°C (ASSIS et al., 2004; GIOVANNINI, 2014).

Durante o período de repouso invernal, a videira pode sobreviver a temperaturas de até 10°C negativos, ou mesmo 20° negativos, no caso da *V. vinifera* L. As temperaturas baixas nesse período são necessárias para que haja quebra de dormência. No entanto, temperaturas baixas na primavera, no período de brotação da videira, podem favorecer a ocorrência de geadas, as quais podem danificar os brotos. Temperaturas de 10°C são consideradas as mínimas para bom desenvolvimento vegetativo, sendo ideal temperaturas superiores a 18°C nesse período (TONIETTO; MANDELLI, 2003).

Conforme constatado por Webb, Whetton e Barlow (2007), ocorre variação na data de ocorrência e duração de cada estágio fenológico da videira, dependendo da variedade utilizada e do local de cultivo, bem como suas condições climáticas, podendo uma mesma variedade ter um comportamento diferente quando cultivada em regiões distintas.

Temperaturas mais elevadas tendem a reduzir o ciclo fenológico das variedades precoces de videira. Diz-se que para cada 0,6°C de diminuição de temperatura (o que ocorre com o aumento de 100 metros de altitude) há um atraso de um a dois dias na brotação e de um a quatro dias na maturação dos cachos (FRITZSON; MANTOVANI AGUIAR, 2008; TEIXEIRA; MOURA; ANGELOTTI, 2010).

Avaliando o comportamento vitícola da variedade Cabernet Sauvignon, Gavioli (2011), observou valores médios de temperatura máxima, média e mínima, respectivamente, de 23,1°C, 15,1°C e 9,9°C em São Joaquim e de 26,5°C, 19,5°C e 15,3°C em Campo Belo do Sul. Essas diferenças de temperatura influenciam o ciclo fenológico da videira, sendo o ciclo mais longo em São Joaquim, onde as temperaturas foram menores. Malinowski et al. (2012), observaram temperaturas máxima, média e mínima, respectivamente, de 24,5°C, 18,4°C e 14,2°C em Campo Belo do Sul, no ciclo 2007/2008.

No ciclo 2012/2013, os valores mensais da temperatura máxima, média e mínima, foram, respectivamente, 4,3, 3,9 e 1,2°C mais baixas em São Joaquim em relação a Campo Belo do Sul. Durante o período de maturação da Cabernet Sauvignon (ciclo 2012/2013), os valores médios das temperaturas máximas do ar foram de 26,8 °C em Campo Belo do Sul e 21,9 °C em São Joaquim. As temperaturas médias foram de 20,5 °C e 16,1 °C, de Campo Belo do Sul e São Joaquim, respectivamente. As médias de temperaturas mínimas do ar foram de 16,7°C em Campo Belo do Sul e 12,6°C em São Joaquim (MUNIZ et al., 2015).

A amplitude térmica em São Joaquim variou de 8,5 a 11°C e em Campo Belo do Sul de 9,6 a 12,3°C (MUNIZ et al., 2015). Valores semelhante aos observados por Brighenti et al. (2015) nos ciclos de 2010 a 2013 em São Joaquim, que foi de 9,3°C. Todos os valores podem ser considerados adequados, pois estão próximos a 10°C, valor considerado ideal para produção de uvas de qualidade (JACKSON, 2008).

2.3.4. Umidade relativa do ar

Outro fator climático importante para a viticultura é a umidade relativa do ar (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Valores mais baixos facilitam a absorção de água pelas plantas, bem como a transpiração e respiração. Valores ideais de umidade relativa do ar estão entre 62 e 68% (GIOVANNINI, 2014).

A alta umidade relativa do ar possui um efeito positivo no desenvolvimento vigoroso de ramos de videira, bem como na emissão das folhas. No entanto, podem propiciar um ambiente favorável a incidência de doenças fúngicas e bacterianas, quando associada a temperaturas elevadas (TEIXEIRA; MOURA; ANGELOTTI, 2010).

Muniz et al. (2015) observaram valores de umidade relativa do ar de 83% em São Joaquim e 82% em Campo Belo do Sul no período entre *véraison* e maturação da variedade Cabernet Sauvignon. Simon (2014) também observou valores acima de 80% de umidade relativa do ar em Campo Belo do Sul, no período de brotação a maturação da Cabernet Sauvignon, valor considerado alto, devido a propensão a ocorrência de doenças nas folhas e cachos nessas condições climáticas.

2.3.5. Fenologia

A videira pode ser cultivada em locais bastante diversos, se adaptando bem a diversas altitudes, desde 61 metros abaixo do nível do mar até 2.473 metros de altitude. No entanto, a cada 100 metros de aumento de altitude há um atraso de 1 a 2 dias na brotação e 1 a 4 dias na maturação dos frutos. Além disso, a cada 100 metros de altitude há um decréscimo de cerca de 0,6°C na temperatura do ar (TEIXEIRA; MOURA; ANGELOTTI, 2010; GIOVANNINI, 2014).

Na fenologia da videira na Serra Gaúcha (<800 metros de altitude), Mandelli et al. (2003) observaram início da brotação para a variedade Cabernet Sauvignon em 18 de setembro, início da floração em 02 de novembro, maturação em 09 de janeiro, diferindo do encontrado por Brighenti et al. (2013), para a mesma variedade, em São Joaquim (1.415 metros de altitude), onde a brotação ocorreu aproximadamente em 24 de setembro, a floração em 05 de dezembro e maturação em 26 de abril.

Resultados semelhantes foram encontrados por Munhoz et al. (2015), onde a variedade Sauvignon Blanc teve um ciclo mais curto em

Rancho Queimado (1.000 metros de altitude) quando comparado a mesma variedade cultivada em São Joaquim (BRIGHENTI et al., 2013).

Em regiões com altitude menores que 900 metros, em Santa Catarina, a variedade Cabernet Sauvignon inicia sua brotação na segunda quinzena de setembro chegando a maturação em março. Já em regiões com altitudes superiores a 900 metros a brotação inicia no início de setembro e a maturação dos frutos ocorre entre os meses de abril e maio (SOUZA; SOUZA; CALIARI, 2015). Essas diferenças são observadas devido à diferença de altitude entre as regiões, onde o ciclo da planta se torna mais longo nas regiões mais altas, onde as temperaturas são menores (BRIGHENTI et al., 2013).

2.4. CLOROFILA E O PROCESSO FOTOSSINTÉTICO

As clorofilas são pigmentos verdes, presentes nos cloroplastos das células vegetais, especializados na captação e absorção de luz (TAIZ; ZEIGER, 2009). São fundamentais no processo fotossintético de conversão da radiação luminosa em energia química (ATP e NADPH), estando relacionadas com a eficiência fotossintética dos vegetais (JESUS; MARENCO, 2008).

Com a determinação do conteúdo de pigmentos foliares é possível caracterizar o material para avaliação entre diferentes tratamentos ou até mesmo para uma análise da interação entre plantas e ambiente (LAMBERS et al., 1998 apud SANTOS et al., 2008).

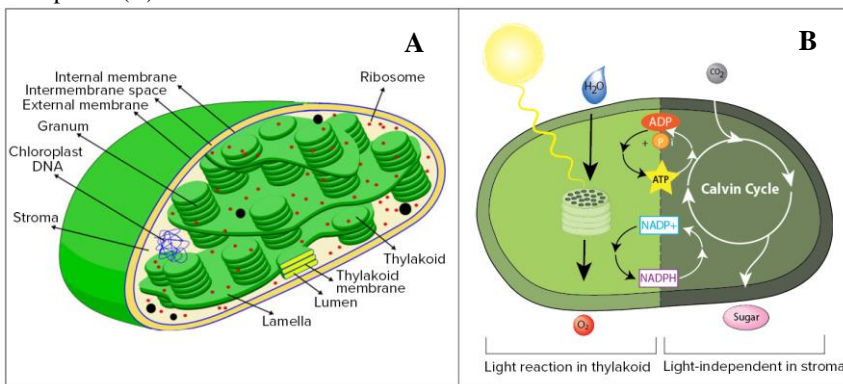
O teor de clorofila nas folhas pode ser obtido através de diferentes métodos, como a maceração das folhas com solvente orgânico e posterior leitura em espectrofotômetro e através de medidores portáteis de clorofila, como o SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development). O primeiro método é um pouco mais demorado e causa destruição do material. O segundo método permite a quantificação de clorofila de forma simples, rápida e sem causar danos físicos ao material vegetal (AMARANTE et al., 2009).

O clorofilômetro é um instrumento portátil que mede o grau de enverdecimento da planta em unidades SPAD (SALLA, RODRIGUES, MARENCO, 2007). Os valores fornecidos por esse equipamento são índices, que indicam os valores proporcionais de clorofila no material e são calculados com base na quantidade de luz transmitida pela folha em dois diferentes comprimentos de onda (ARGENTA; SILVA; BORTOLINI, 2001). A luz atravessa a folha e é recebida por um receptor, o qual converte essa luz em sinais elétricos e posteriormente em sinais digitais que são

referentes aos valores SPAD que são observados no visor do equipamento (SALLA, RODRIGUES, MARENCO, 2007).

Todo o processo fotossintético é realizado dentro dos cloroplastos, sendo a captura da luz e os processos de transporte de elétrons nos tilacóides - fase clara da fotossíntese - e o processos de redução do carbono e síntese de carboidratos no estroma - fase escura da fotossíntese, como pode-se observar na **Figura 1** (BUSSOTI et al., 2012).

Figura 1. Estrutura interna de um cloroplasto (A) e as reações luminosas (na membrana do tilacóides) e de carboxilação (no estroma) da fotossíntese dentro do cloroplasto (B).



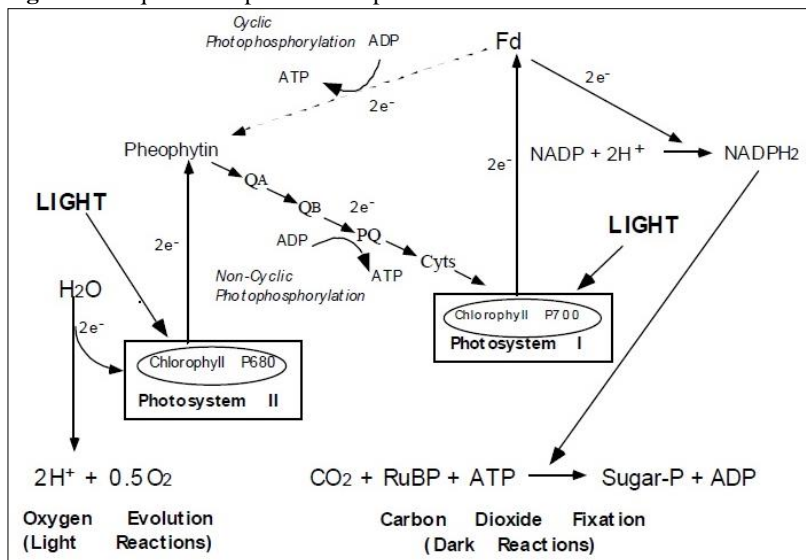
Fonte: https://adapaproject.org/images/biobook_images/

Diversos autores já utilizaram esse equipamento em folhas de videira, como Amarante et al. (2009) e Fanizza, Ricciardi e Bagnulo (1991) em folhas de Cabernet Sauvignon, Tecchio et al. (2011) em folhas de Niágara Rosada e Souza et al. (2013) em folhas da videira Itália.

A fotossíntese consiste na conversão da energia luminosa em energia química, devido à sensibilidade das moléculas de clorofila à luz. A energia luminosa é capturada pelo complexo de clorofilas e proteínas presentes no PSII, as quais transferem essa energia aos centros de reação do PSII, onde está localizada uma molécula de clorofila *a*, denominada P_{680} . Quando a energia luminosa (fótons de luz) incide sobre a P_{680} , esta torna-se excitada (um elétron desta molécula é elevado para um nível mais energético) e doa um elétron a um receptor primário (feofitina), o qual o transfere a uma série de carregadores de elétrons que o levam para uma segunda molécula de clorofila *a*, denominada P_{700} , localizada no centro de reação do PSI.

Concomitantemente, a energia luminosa incidente também torna essa clorofila excitada, permitindo a redução da molécula de ferredoxina, relacionada com a redução do NAPD para NADPH_2 , o qual será utilizado na redução do CO_2 a triose fosfato nas reações bioquímicas da fotossíntese (CAMPOSTRINI, 1998). O esquema simplificado desses processos pode ser observado abaixo, na **Figura 2**.

Figura 2. Esquema simplificado do processo fotossintético.



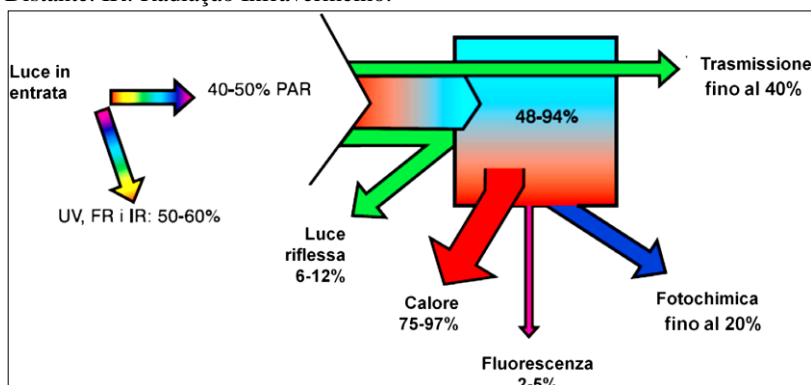
Fonte: Campostrini (1998).

2.5. FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA

Após o recebimento da energia luminosa, os pigmentos fotossintéticos a dissipam por três vias: o quenching fotoquímico (qP), referente a utilização da energia luminosa para os processos fotoquímicos da fotossíntese; o quenching não-fotoquímico (qN), que consiste na dissipação não-fotoquímica através da produção de calor na forma de radiação infravermelha; e a fluorescência (F), que consiste na emissão da radiação na região do visível (CAMPOSTRINI, 1998). Esse processo de repartição da energia luminosa pode ser observado na **Figura 3**.

Os três processos citados anteriormente são concorrentes, ou seja, havendo aumento de eficiência de um deles necessariamente haverá diminuição na eficiência dos demais. Portanto, medindo o rendimento da fluorescência da clorofila é possível obter informações sobre as alterações na eficiência de reações fotoquímicas e na dissipação em forma de calor (SOFO, 2007).

Figura 3. Distribuição da luz absorvida pela folha. PAR: Radiação Fotossinteticamente ativa. UV: Radiação Ultra-Violeta. FR: Radiação Vermelho Distante. IR: Radiação Infravermelho.



Fonte: Bussotti et al. (2012).

A avaliação de fluorescência da clorofila tem se tornado cada vez mais presente em estudos ecofisiológicos, pois é um método não-destrutivo que permite obter importantes informações qualitativas e quantitativas sobre a performance fotossintética de plantas (MAXWELL; JOHNSON, 2000; FALQUETO et al., 2008; PEÑA-OLMOS; CASIERRA-POSADA, 2013).

As principais aplicações da fluorescência da clorofila incluem investigações sobre os efeitos de alta e baixa temperatura, do estresse hídrico, deficiências nutricionais, doenças, herbicidas, poluição do ar, em estudos de indução de dormência, desenvolvimento de resistência ao frio, reativação da atividade fotossintética após o repouso, crescimento e maturação das folhas e planta, entre outros. Isso tudo é possível devido a existência de uma relação entre a fluorescência da clorofila e a capacidade fotossintética da planta (MOHAMMED; BINDER; GILLIES, 1995).

Alguns parâmetros obtidos em avaliações de fluorescência da clorofila são utilizados para avaliar a eficiência fotossintética das plantas,

como a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e a eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m), a qual expressa o rendimento quântico dos processos fotoquímicos, ou seja, a eficiência de captura de energia luminosa pelo aparelho fotossintético, permitindo avaliar os efeitos dos fatores genéticos e ambientais sobre o crescimento das plantas (LAZÁR, 1999; CORREIA, 2009).

Além do rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/F_m'$), que mede a proporção da luz absorvida pela clorofila associado com PSII que é usada na fase fotoquímica, podendo dar uma indicação geral da fotossíntese (MAXWELL; JOHNSON, 2000), do quenching fotoquímico (qP), referente a utilização da energia luminosa para os processos fotoquímicos da fotossíntese e do quenching não fotoquímico (qN), que corresponde a dissipação não-fotoquímica através da produção de calor na forma de radiação infravermelha (CAMPOSTRINI, 1998).

A fluorescência mínima é referente ao nível mínimo de fluorescência quando os centros do fotossistema II de folhas adaptadas à luz estão completamente abertos. A fluorescência máxima obtida em folhas adaptadas a luz se refere ao nível de fluorescência quando os centros do PSII estão fechados (BAKER; ROSENQVIST, 2004).

Outros parâmetros obtidos nessas avaliações são referentes ao rendimento quântico de conversão de energia não fotoquímica no fotossistema II, como o rendimento quântico de perda de energia não fotoquímica regulada no fotossistema II Y (NPQ), referente a perda de energia controlada na forma de calor e do rendimento quântico de perda de energia não fotoquímica não regulada no fotossistema II - Y(NO): referente a soma da perda não-regular de energia na forma de calor e a emissão de fluorescência (KLUGHAMMER; SCHREIBER, 2008).

A obtenção de curvas de resposta à luz fornece importantes informações complementares sobre o potencial fotossintético das plantas, através do fornecimento de diferentes intensidades luminosas crescentes em pequenos intervalos (RASCHER; LIEBIG; LÜTTGE, 2000). Com elas é possível obter alguns parâmetros de fluorescência de clorofila adicionais e bastante interessantes de se avaliar, como o rendimento quântico efetivo do fotossistema II, a taxa relativa de transporte de elétrons (ETR), o quenching não fotoquímico, além de permitir estimar fatores como a taxa de transporte de elétrons máxima (ETR max) e da radiação fotossinteticamente ativa saturante (PPFDsat) (SERÓDIO et al., 2013; RASCHER; LIEBIG; LÜTTGE, 2000).

Com uma interpretação adequada dos dados de curvas de luz, pode-se avaliar a capacidade fotossintética e a atividade potencial de plantas em diferentes condições (intensidades) de luz ambiente (RALPH; GADEMANN, 2005).

Diversos autores já utilizaram dessa ferramenta para avaliar as condições fisiológicas de plantas de videira em diferentes situações, como, por exemplo, condições de estresse hídrico, desfolhamento parcial das plantas e excesso de zinco no solo (DÜRING, DAVTYAN, 2002; PEÑALMOS; CASIERRA-POSADA, 2013; CERQUEIRA et al., 2015; ZALAMENA et al., 2015).

2.6. ACÚMULO DE RESERVAS NAS PLANTAS

A produção de fotoassimilados é realizada pelos órgãos vegetais capazes de realizar fotossíntese (fontes), principalmente as folhas. Elas produzem mais carboidratos do que necessitam para seu crescimento e metabolismo, permitindo a exportação do excedente, na forma de sacarose, para órgãos de reserva (drenos), como frutos, raízes e meristemas, onde podem ser armazenados temporariamente (DUARTE; PEIL, 2010; SOUZA et al., 2013).

As folhas tornam-se exportadores de nutrientes (fontes) apenas quando atingem cerca de 50% do tamanho máximo. Antes desse período são dependentes da sua fotossíntese e do transporte de açúcares provenientes de outras partes da planta bem como da transformação do amido (GIOVANNINI, 2014).

A atividade fotossintética da videira é insuficiente para as necessidades de respiração e formação de novos tecidos até o florescimento, devido ao pequeno tamanho das folhas, as quais atingem 75% do tamanho máximo no início do verão, onde a atividade fotossintética se torna bastante intensa. Após a colheita, a produção fotossintética representa de 20 a 30% da produção até a queda das folhas, sendo importante para a formação das substâncias de reserva. Com o envelhecimento das folhas e as alterações dos fatores climáticos, a fotossíntese vai diminuindo progressivamente até a queda das folhas, quando a atividade se encerra (GIOVANNINI, 2014).

O período de acúmulo de reservas na videira inicia-se com a maturação e colheita dos frutos e termina após a queda natural das folhas (HIDALGO, 2002 apud SCARPARE FILHO et al., 2010). Nesse período, a maior parte dos fotoassimilados que eram dirigidos aos frutos translocam-se

para outras partes da planta, nas quais o açúcar oriundo da fotossíntese é convertido em amido (SCARPARE FILHO et al., 2010).

Para início de um novo ciclo vegetativo, o amido é convertido em açúcares, os quais serão utilizados na nutrição das novas brotações, até que estas atinjam tamanho suficiente para utilizar menos os nutrientes de reservas e serem capazes de exportar material fotossintetizado (GIOVANNINI, 2014). Conforme observado por Anzanello e Souza (2015), o conteúdo de reservas nos ramos é maior após a floração quando comparado ao período entre a poda e a floração (crescimento vegetativo).

A fertilidade das gemas possui correlação positiva com os teores de açúcares totais e amido nas mesmas e as maiores quantidades de açúcares solúveis e amido estão presentes nas folhas, em comparação com os sarmentos e raízes (SOUZA; RIBEIRO; PIONÓRIO, 2011). Segundo Ribeiro et al. (2004), os teores de açúcares e amido nas folhas variam de acordo com o estágio fenológico em que as videiras se encontram e são dependentes da época em que os ramos crescem e das condições climáticas do período.

2.7. REFERÊNCIAS

AMARANTE, Cassandro Vidal Talamini do et al. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira ‘Cabernet Sauvignon’ mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 680-686, 2009.

ANZANELLO, Rafael; SOUZA, Paulo Vitor Dutra. Conteúdo de reservas, vigor vegetativo e rendimento de videiras submetidas a duas safras por ciclo vegetativo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 719-720, 2015.

ARGENTA, Gilber; SILVA, Paulo Regis Ferreira da; BORTOLINI, Clayton Giani. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722. 2001.

ASSIS, Joston Simão et al. Fisiologia da videira. In: FEIRA NACIONAL DA AGRICULTURA IRRIGADA, 2004, Petrolina.

BAKER, Neil R., ROSENQVIST, Eva. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany** 55, 1607–1621. 2004.

BORGHEZAN, Marcelo et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 398-405, 2011.

BOTELHO, Renato Vasconcelos; PIRES, Erasmo José Paioli. Viticultura como opção de desenvolvimento para os Campos gerais. **II Encontro de fruticultura dos Campos Gerais**, p. 40-54, 2009.

BRDE, Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. Agência de Florianópolis. Superintendência de Planejamento. **Vitivinicultura em Santa Catarina: Situação atual e perspectivas**. Florianópolis: BRDE, 2005. 83 p.

BRIGHENTI, Alberto Fontanella et al. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina-Brasil. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1162-1167, 2013.

BRIGHENTI, Alberto Fontanella et al. Comparação entre as regiões vitícolas de São Joaquim – SC, Brasil e San Michele All’adige – TN, Itália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 281-288, 2015.

BRIGHENTI, Alberto Fontanella; BRIGHENTI, Emilio; PASA, Mateus da Silveira. Vitivinicultura de altitude: realidade e perspectivas. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 12, 2016, São Joaquim, SC. **Revista Agropecuária Catarinense** (suplemento especial), v. 29, n. 2, p.140-146 (palestras), 2016.

BUSSOTTI, Filippo et al. **Misurare la vitalità delle piante per mezzo della fluorescenza della clorofilla**. Firenze University Press, 2012.

CAMARGO, Umberto Almeida. Variedades de Uva. In: GUERRA, Celito Crivellaro et al. Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos. **Embrapa Uva e Vinho. Documentos**, Bento Gonçalves, RS, n. 48, p. 17-30, 2009.

CAMARGO, Umberto Almeida; MAIA, João Dimas Garcia; RITSCHER, Patrícia. **Embrapa Uva e Vinho: novas cultivares brasileiras de uva**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Bento Gonçalves, RS, 2010.

CAMARGO, Umberto Almeida; TONIETTO, Jorge; HOFFMANN, Alexandre. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 144-149, 2011.

CAMPOS, Claudia Guimarães Camargo et al. Fluxos de radiação solar global em vinhedos de altitude de São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 722-729, 2013.

CAMPOSTRINI, Eliemar. **Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: UENF/CCTA, 1998, 34 p.

CARRASCO, Marcos; ORTEGA-FARÍAS, Samuel. Evaluation of a model to simulate net radiation over a vineyard cv. Cabernet Sauvignon. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 68, p. 156-165, 2008.

CERQUEIRA, Reginaldo Conceição et al. Fisiologia e metabolismo foliar em duas variedades de videira sujeitas a um ciclo de déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 211-217, 2015.

CHAVARRIA, Geraldo et al. Caracterização fenológica e requerimento térmico da cultivar Moscato Giallo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 119-126, 2009.

CORREIA, Karina Guedes et al. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.

DEBASTIANI, Gilson et al. Cultura da Uva, Produção e Comercialização de Vinhos no Brasil: Origem, Realidades e Desafios. **Revista Cesumar–Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, v. 20, n. 2, 2016.

DUARTE, Tatiana da Silva; PEIL, Roberta M. N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 03, p. 271-276, 2010.

DÜRING, H.; DAVTYAN, A. Developmental changes of primary processes of photosynthesis in sun-and shade-adapted berries of two grapevine cultivars. **Vitis**, v. 41, n. 2, p. 63-67, 2002.

FALQUETO, Antelmo Raph et al. Características da Fluorescência da Clorofila em cultivares de Arroz com Ciclo Precoce, Médio e Tardio. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 579-581, 2008.

FANIZZA, G.; RICCIARDI, L.; BAGNULO, C. Leaf greenness measurements to evaluate water stressed genotypes in *Vitis vinifera*. **Euphytica**, v. 55, n. 1, p. 27-31, 1991.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; DE AGUIAR, Ananda Virgínia. Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

GAVIOLI, Olavo. **Comportamento vitícola da variedade Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) em dois municípios do Planalto Sul Catarinense**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2011.

GIOVANNINI, Eduardo. **Manual de Viticultura**. Porto Alegre: Bookman, Porto Alegre, 2014. 253p.

GUIMARÃES, Juliana Costa. **Caracterização de cultivares de videira em clima tropical: uma abordagem fotossintética**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2008.

IBRAVIN, Instituto Brasileiro do Vinho. **Panorama Geral**. Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/Panorama-Geral>>. Acesso em: 5 abril 2016.

JACKSON, R.S. Wine science: principles and applications. 3rd ed. São Diego: Elsevier, 2008. 789 p.

JESUS, Simone Verdes de; MARENCO, Ricardo Antonio. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta amazônica**, v.38, p.815-818, 2008.

KLUGHAMMER, Christof; SCHREIBER, Ulrich. Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method. **PAM Application Notes**, v. 1, n. 2, 2008.

KUNZ, Jéfferson Horn et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LAZÁR, Dušan. Chlorophyll a fluorescence induction. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1412, p. 1-28, 1999.

MALINOVSKI, Luciane Isabel et al. Highlands of Santa Catarina/Brazil: A region with high potential for wine production. **Acta Horticulturae**, v. 931, p.433-440, 2012.

MALINOVSKI, Luciane Isabel. **Comportamento vitícola da videira (*Vitis vinifera* L.) variedade Cabernet Sauvignon nos municípios catarinenses de Campo Alegre, Campo Belo do Sul e Bom Retiro**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MANDELLI, Francisco et al. Fenologia da videira na Serra Gaúcha. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.9, p.129-144, 2003.

MAXWELL, Kate; JOHNSON, Giles. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of experimental botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MELLO, Loiva Maria Ribeiro de. Desempenho da vitivinicultura brasileira em 2015. **Campo & Negócio - HF**, Uberlândia, v. 8, n. 128, 2016. p. 108-116.

MOHAMMED, Gina; BINDER, Wolfgang; GILLIES, Sharon. Chlorophyll Fluorescence: A Review of its Practical Forestry Applications and Instrumentation. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 383, p. 1, 1995.

MONTEIRO, José Eduardo B. A.; TONIETTO, Jorge. Condições meteorológicas e sua influência na vindima de 2013 em regiões vitivinícolas sul brasileiras. **Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico**, 2013.

MOTA, Fernando. Disponibilidade climática para maturação da uva destinada à produção de vinhos finos nas regiões da Serra do Nordeste e Campanha do estado do Rio Grande do Sul. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 3, 2003.

MUNHOZ, Bruno et al. Caracterização fenológica e exigência térmica da variedade Sauvignon Blanc (*Vitis vinifera* L.) em Rancho Queimado – SC. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 14, 2015, Fraiburgo, SC. **Anais...** Caçador: Epagri, vol. 2 (trabalhos), 2015. 246p.

MUNIZ, Jaqueline Nogueira et al. Viticultural Performance of Merlot and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) Cultivated in High Altitude Regions of Southern Brazil. **Journal of Life Sciences**, v. 9, p. 399-410, 2015.

NACHTIGAL, Jair Costa.; MAZZAROLO, Adriano. 500 perguntas 500 respostas. **Uva. O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 2008, 202 p.

ORTOIDE, T.; DÜRING, H. Light utilization and thermal dissipation in light-and shade-adapted leaves of *Vitis* genotypes. **VITIS-Journal of Grapevine Research**, v. 40, n. 3, p. 131, 2015.

PANDOLFO, C. **Sistemas atmosféricos, variáveis meteorológicas e mudanças climáticas na potencialidade do cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) no Estado de Santa Catarina**. 2010. 171 f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2010.

PEÑA-OLMOS, Jaime Ernesto; CASIERRA-POSADA, Fánor. Chlorophyll Fluorescence in Partially Defoliated Grape Plants (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, Medellín, v. 66, n. 1, p. 6881-6889, 2013.

RALPH, Peter J.; GADEMANN, Rolf. Rapid light curves: a powerful tool to assess photosynthetic activity. **Aquatic Botany**, v. 82, n. 3, p. 222-237, 2005.

RASCHER, Uwe; LIEBIG Markus; LÜTTGE, Ulrich. Evaluation of instant light-response curves of chlorophyll fluorescence parameters obtained with a portable chlorophyll fluorimeter on site in the field. **Plant, Cell and Environment**, v. 23, n. 12, p. 1397-1405, 2000.

RIAZ, S. et al. A microsatellite marker based framework linkage map of *Vitis vinifera* L. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 108, p. 864–872, 2004.

RIBEIRO, Luciana de Sá et al. Acúmulo de açúcares em folhas durante o ciclo produtivo da videira para produção de vinho no Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos...** Florianópolis.

ROSIER, Jean Pierre et al. Comportamento da variedade cabernet sauvignon cultivada em vinhedos de altitude em São Joaquim – SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, 2004, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. Florianópolis.

SALLA, Luquecimara; RODRIGUES, José Cintra; MARENCO, Ricardo Antonio. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. pg. 159-161, 2007.

SANTOS, Antonio O. et al. Parâmetros fitotécnicos e condições microclimáticas para videira vinífera conduzida sob dupla poda sequencial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1251-1256, 2011.

SANTOS, Roniscley Pereira et al. Avaliação da eficiência do dimetilsulfóxido na extração de pigmentos foliares de *Vitis vinifera* x *V. rotundifolia* e *V. riparia* propagadas in vitro. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. pg. 888-890, 2008.

SANTOS, Roniscley Pereira. **Respostas morfofisiológicas de videiras cultivadas sob diferentes condições in vitro**. 2007. 128 p. Dissertação

(Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SCARPARE FILHO, João Alexio et al. Rendimento de uva “Niagara Rosada” submetida à redução de área foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.3, p.778-785, 2010.

SERÔDIO, João et al. A method for the rapid generation of nonsequential light-response curves of chlorophyll fluorescence. **Plant physiology**, v. 163, n. 3, p. 1089-1102, 2013.

SIMON, Suzeli. **Comportamento viti-enológico das variedades Merlot e Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) em diferentes altitudes no sul do Brasil**. 2014. 147 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de SANTA Catarina, Florianópolis, 2014.

SOFO, Adriano. **Analisi degli indici di fluorescenza e della fotoinibizione in due varietà di olivo sottoposte a diversi livelli di deficit idrico e luminoso**. 2007. 60 f. Tesi (Corso di Laurea Specialistica in Biotecnologie Vegetali) - Facolta' di Scienze MM. FF. NN. – Facolta' di Scienze Agrarie, Università' degli Studi della Basilicata, Potenza, Itália, 2007.

SOUZA, Edson Luiz; SOUZA, André Luiz Kulkamp; CALIARI, Vinícius. Cultivares de videira para vinhos finos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 14, 2015, Fraiburgo, SC. **Anais...** Caçador: Epagri, vol 1 (palestras), 2015. 126p.

SOUZA, Essione Ribeiro et al. Variação de carboidratos em folhas da videira ‘Itália’ submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 535-539, 2013.

SOUZA, Essione Ribeiro; RIBEIRO, Valtemir Gonçalves; PIONÓRIO, José Anchieta Assunção. Percentagem de fertilidade gemas e teores carboidratos contidos em raízes, sarmentos e folhas da videira cultivar Itália. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, PR, v.4, n.1, p. 83-95, 2011.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Fotossíntese: As reações luminosas. **Fisiologia vegetal**, v. 4, p. 147-181, 2009.

TATAGIBA, Sandro Dan; PEZZOPANE, José Eduardo Macedo. Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas em dois clones de *Eucalyptus*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. n. 10, 2007.

TECCHIO, Marco Antonio et al. Extração de nutrientes pela videira 'Niágara Rosada' enxertada em diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 33, n. 1, 2011.

TEIXEIRA, Antônio Heriberto de Castro; MOURA, Magna Soelma Beserra de; ANGELOTTI, Francislene. **Cultivo da videira. Aspectos agrometeorológicos da cultura da videira**. Embrapa Semiárido Sistema de produção, v.2, 2010. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/clima.html>. Acesso em: 16 junho 2016.

TONIETTO, Jorge. Regiões de Produção. In: GUERRA, Celito Crivellaro et al. Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos. **Embrapa Uva e Vinho**. Documentos, Bento Gonçalves, RS, n. 48, p. 9-16, 2009.

TONIETTO, Jorge; MANDELLI, Francisco. Uvas viníferas para processamento em região de clima temperado: Clima. **EMBRAPA Uva e Vinho, versão eletrônica**, 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/clima.htm>>. Acesso em 9 agosto 2016.

VIEIRA et al. **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luis: EDUFMA, 2010. 186p.

VIEIRA, Hamilton Justino et al. Comparação da disponibilidade de radiação solar global e fotoperíodo entre as regiões vinícolas de Campo Belo do Sul-SC, Brasil e Pech Rouge, França. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 33, n. 4, p. 1055-1065, 2011.

WEBB, Leanne B; WHETTON, Penny H.; BARLOW, Edward, William R. Modelled impact of future climate change on the phenology of wine grapes

in Australia. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, p. 165-175, 2007.

WINE INSTITUTE. Per capita wine consumption by country countries ranked by per capita consumption and countries listed alphabetically. 2014. Disponível em: http://www.wineinstitute.org/files/World_Per_Capita_Wine_Consumption_Revised_Nov_2015.pdf. Acesso em 13 agosto 2016.

ZALAMENA, Jovani et al. Physiological characterization of grapevine rootstocks grown in soil with increasing zinc doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 973-980, 2015.

CAPÍTULO II. Teores de clorofila e fluorescência da clorofila em folhas da videira ‘Cabernet Sauvignon’ em duas regiões de altitude do Planalto Catarinense

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de clorofila e a fluorescência da clorofila da variedade Cabernet Sauvignon em duas regiões de altitude do Planalto Catarinense, em São Joaquim e Campo Belo do Sul com 1400m e 950 metros, respectivamente. Para isso foram coletadas folhas de Cabernet Sauvignon em ambos locais, nos períodos da colheita e queda das folhas, para realização das análises de fluorescência em folhas adaptadas ao escuro e quantificação dos teores de clorofila. Foram realizadas curvas de resposta à luz das folhas a campo, em condições de luz natural. Os teores de clorofila nas folhas de Cabernet Sauvignon foram mais elevados na região de maior altitude (São Joaquim) no período da colheita. Na queda das folhas não foram observadas diferenças entre os locais. Além disso, houve uma diminuição dos valores de clorofila entre as épocas de colheita e queda das folhas em ambos locais. Nos parâmetros de fluorescência máxima e rendimento quântico potencial, foram observadas diferenças significativas entre os locais, sendo os valores superiores em São Joaquim (1.400 m). As temperaturas médias foram mais elevadas na região de menor altitude durante todo o período, tornando o ciclo da variedade mais curto nesse local. A radiação foi mais elevada em São Joaquim, onde a umidade relativa foi mais baixa, sendo suficiente para a adequada realização da fotossíntese em ambos locais. A taxa de transporte de elétrons máxima foi mais elevada em São Joaquim no período da colheita e em Campo Belo do Sul na queda das folhas. Na colheita, a DFFFA_{sat} foi superior em São Joaquim e na queda das folhas foi superior em Campo Belo do Sul. A DFFFA_{sat} mais elevada indica que nesses locais e épocas a variedade Cabernet Sauvignon precisa de um valor superior de radiação para atingir a máxima eficiência fotossintética. Os resultados mostraram melhor resposta fotossintética das plantas na região de maior altitude, no período de queda das folhas, o que não explica a ocorrência de menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon nesse local. Outros fatores podem afetar a produtividade da videira, por isso, são necessários estudos adicionais a fim de compreender as diferenças produtivas entre os locais.

Termos para indexação: *Vitis vinifera* L. Rendimento quântico. Regiões de altitude.

Abstract – The aim of this work was to evaluate the chlorophyll and the chlorophyll fluorescence of the Cabernet Sauvignon variety in two high altitude regions of Santa Catarina Plateau, in São Joaquim and Campo Belo do Sul, with 1400m and 950m respectively. For this purpose, Cabernet Sauvignon leaves were collected at both locations during the harvest and leaf fall periods to perform the fluorescence analyzes on leaves adapted to the dark and quantify the levels of chlorophyll. Light response curves were performed from leaves to field under natural light conditions. The levels of chlorophyll in the Cabernet Sauvignon leaves were higher in the region of higher altitude (São Joaquim) at harvest time. In the fall of the leaves no differences between the sites were observed. In addition, there was a decrease in the values of chlorophyll between harvesting times and leaves falling at both sites. In the parameters of maximum fluorescence and potential quantum yield, significant differences were observed between sites, with values higher in São Joaquim (1,400 m). The average temperatures were higher in the lower altitude region (Campo Belo do Sul) during the whole period, making the cycle of the variety shorter in that place. The radiation was higher in São Joaquim, where the relative humidity was lower, being sufficient for the adequate accomplishment of the photosynthesis in both places. The maximum electron transport rate was highest at São Joaquim in the harvest period and at Campo Belo do Sul in the fall of the leaves. At harvest, PPFDsat was higher in São Joaquim and leaf fall was higher in Campo Belo do Sul. The higher PPFDsat indicates that in those places and seasons the Cabernet Sauvignon variety needs a higher value of radiation to achieve the maximum photosynthetic efficiency. The results showed a better photosynthetic response of the plants in the region of higher altitude (São Joaquim), in the period of leaf fall, which does not explain the occurrence of lower productivity of the Cabernet Sauvignon variety at this location. Other factors may affect vine productivity, therefore, additional studies are needed to understand the productive differences between sites.

Index terms: *Vitis vinifera* L. Quantum yield, Altitude regions,

Introdução

A Cabernet Sauvignon é uma das variedades de videira (*Vitis vinifera* L.) com maior área plantada em regiões de elevada altitude de Santa Catarina, sendo recomendada para regiões acima de 900 metros de altitude, onde as temperaturas são mais baixas durante o ciclo, favorecendo o cultivo

e produção de vinhos de qualidade (SOUZA; SOUZA; CALIARI, 2015; BRIGHENTI; BRIGHENTI, PASA, 2016).

Dependendo das condições climáticas do local de cultivo pode haver uma variação na data de ocorrência e duração de cada estágio fenológico da videira, podendo uma mesma variedade ter um comportamento diferente quando cultivada em regiões distintas (WEBB; WHETTON; BARLOW, 2007). Em Santa Catarina, embora ela apresente potencial para produção de vinhos de qualidade, a variedade vem apresentando menor produtividade em São Joaquim em relação a regiões de menor altitude, principalmente em Campo Belo do Sul (GAVIOLI, 2011; BRIGHENTI et al., 2015; MUNIZ et al., 2015).

Cada vez mais presente em estudos ecofisiológicos, a avaliação de fluorescência da clorofila permite obter importantes informações sobre a eficiência do aparato fotossintético das plantas, possibilitando a avaliação do estado fisiológico das mesmas (BUSSOTTI et al., 2012). Diversos autores já utilizaram dessa ferramenta para avaliar as condições fisiológicas de plantas de videira em diferentes situações, como, por exemplo, condições de estresse hídrico, desfolhamento parcial das plantas e excesso de zinco no solo (DÜRING, DAVTYAN, 2002; PEÑA-OLMOS; CASIERRA-POSADA, 2013; CERQUEIRA et al., 2015; ZALAMENA et al., 2015).

O processo fotossintético só é possível devido a presença de clorofila nas folhas, as quais são responsáveis pela captura da luz solar, que será convertida em energia química e utilizada na fotossíntese. Por essa razão, a quantificação dos teores de clorofila nas folhas de videira é importante em estudos fisiológicos que visam avaliar o comportamento vegetativo das plantas (JESUS; MARENCO, 2008; AMARANTE et al., 2009).

Objetivou-se com este trabalho avaliar os teores de clorofila e a fluorescência da clorofila da variedade Cabernet Sauvignon, nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m) em Santa Catarina, a fim de analisar o comportamento da variedade às condições climáticas de seu local de cultivo.

Material e Métodos

As áreas experimentais estão nos municípios de Campo Belo do Sul e São Joaquim. A unidade de Campo Belo do Sul está localizada a 950m de altitude, a uma latitude de 27°40'04"S e longitude 50°44'48"O. O vinhedo pertence à Vinícola Abreu Garcia e foi implantado em 2008, com espaçamento de 3 m entre linhas e 1 m entre plantas. O vinhedo de São

Joaquim pertence à Estação Experimental da Epagri, com altitude de 1.400 m, latitude e longitude de, respectivamente, 28°16'30,08"S e 49°56'09,34"O. O vinhedo foi implantado em 2006, com espaçamento 3m entre linhas e 1,5 m entre plantas. Ambos os vinhedos foram implantados em sistema de condução tipo espaldeira, sobre o porta-enxerto Paulsen 1103. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Cfb (temperado), caracterizado por apresentar as quatro estações do ano bem definidas e com baixas temperaturas durante o inverno.

Para quantificação dos teores de clorofila totais foram maceradas, em nitrogênio líquido, 500 mg de massa fresca de folhas. Posteriormente, foram adicionados 10 ml de acetona (80%) à amostra, a fim de realizar a extração dos pigmentos, e a mistura foi homogeneizada e centrifugada a 3000 rpm por 15 minutos. Os sobrenadantes foram armazenados em tubos de ensaio e o resíduo das folhas foi acrescido de 5 ml de acetona (80%) e novamente centrifugado. Os sobrenadantes dessa segunda bateria foram misturados aos anteriores e levados ao espectrofotômetro para leitura. A absorbância da clorofila *a* foi lida em 663 nm e da *b* em 645 nm (KARTHIKEYAN SHANMUGAM, 2016).

Os teores dos pigmentos foram expressos em mg do pigmento por grama de massa fresca (mg/g). No cálculo de clorofila *a* e *b* foram utilizadas as fórmulas propostas por Arnon (1949):

Clorofila *a* (mg/g.MF) = $\{[(12,7 \times \Delta A_{663} - 2,69 \times \Delta A_{645})] / (1000 \times P)\} \times V$

Clorofila *b* (mg/g.MF) = $\{[(22,9 \times \Delta A_{645} - 4,68 \times \Delta A_{663})] / (1000 \times P)\} \times V$

A clorofila total foi determinada pelo somatório das clorofilas *a* e *b* (BORGHEZAN et al., 2003).

Onde: ΔA =Absorbância do respectivo comprimento de onda; V=Volume do extrato (ml); P=Peso fresco da amostra (g).

Foi avaliado o teor relativo de clorofila, através do medidor portátil de clorofila SPAD, 502, em 30 folhas por planta, em quatro plantas, em ambos locais, nos períodos de colheita e queda das folhas. Esses valores foram relacionados com os teores de clorofila total obtidos na análise química, mediante análise de regressão, tendo-se os teores de clorofila como variável dependente (*y*) e os valores de SPAD como variável independente (*x*). Foi utilizado o programa Excel®, para gerar as equações.

As avaliações da fluorescência da clorofila foram realizadas nos períodos de colheita dos cachos, dia 16 de março de 2016 em Campo Belo do Sul e dia 8 de abril de 2016 em São Joaquim; e na queda das folhas, nos dias 29 e 27 de abril, em São Joaquim e Campo Belo do Sul, respectivamente.

A determinação dos níveis do sinal da cinética da emissão da fluorescência foi realizada em folhas totalmente expandidas, localizadas na posição mediana dos ramos, sendo realizadas duas medições por folha, em 12 folhas por planta, em 5 plantas em cada local. Cada planta equivale a uma repetição. As folhas foram coletadas em cada local e época, armazenadas em sacos plásticos pretos para adaptação ao escuro. Foi utilizado um fluorímetro de luz modulada, modelo MINI-PAM (Walz, Germany), sendo avaliados os parâmetros de fluorescência máxima fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m) e o rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m).

Foram realizadas curvas de resposta à luz de folhas, nas duas épocas e nas duas faixas de altitude, com o auxílio do fluorímetro de luz modulada, em condições de folhas adaptadas à luz (condições naturais durante o dia). Para isso foram utilizadas cinco folhas por plantas, em cinco plantas em cada local, sendo cada planta uma repetição.

Os parâmetros avaliados foram a taxa de transporte de elétrons (ETR) e o rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$), em função da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), a qual variou em oito níveis diferentes, de 142 a 1769 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Com isso foi possível calcular a taxa de transporte de elétrons máxima (ETR_{max}) e a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos saturante (DFFFA_{sat}).

As análises estatísticas dos dados de fluorescência da clorofila foram realizadas com auxílio do Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os resultados da quantificação de clorofilas em folhas de Cabernet Sauvignon, demonstraram diferenças significativas apenas no período da colheita, sendo superiores em São Joaquim (1.400 m de altitude), o que pode ter ocorrido devido a maior disponibilidade de radiação solar nesse local no período avaliado, comparado a região de Campo Belo do Sul (**Apêndice B**).

Já no período de queda das folhas não houve diferença significativa entre as regiões. Além disso, houve uma diminuição dos valores de clorofila entre as épocas de colheita e queda das folhas, como pode ser observado na **Tabela 3**.

Tabela 3. Teores de clorofila (mg/g MF) em folhas de Cabernet Sauvignon em duas regiões de altitude Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.

	Campo Belo do Sul	São Joaquim	CV%
Colheita			
Clorofila <i>a</i>	0,126 b	0,195 a	19,28
Clorofila <i>b</i>	0,084 b	0,122 a	5,94
Clorofila total	0,210 b	0,298 a	11,92
Queda das folhas			
Clorofila <i>a</i>	0,119 a	0,143 a	26,98
Clorofila <i>b</i>	0,060 a	0,068 a	32,53
Clorofila total	0,179 a	0,211 a	28,28

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Zart et al. (2014) encontraram valores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total de 0,03, 0,02 e 0,04 mg/g MF, respectivamente, em folhas sadias da videira “Isabel”, valores inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Lima et al. (2017), encontraram valores de 0,23 mg/g MF de clorofila *a*, 0,29 mg/g MF de clorofila *b* e 0,52 mg/g MF de clorofila total em folhas da videira “Malvasia Fina”. Além disso, valores de 0,25 mg/g MF de clorofila *a*, 0,35 mg/g MF de clorofila *b* e 0,63 mg/g MF de clorofila total em folhas da videira “Touriga Franca”. Os resultados obtidos por esses autores são superiores aos obtidos nesse estudo.

O teor relativo de clorofila nas folhas de Cabernet Sauvignon, nas diferentes regiões de altitude, nos períodos de colheita e queda das folhas pode ser observado na **Tabela 4**.

Foi observada diferença significativa entre as regiões apenas no período da colheita, onde o valor de índice SPAD foi de 41,34 para Campo Belo do Sul (950 m) e 38,58 para São Joaquim (1.400 m). Na queda das folhas não foi observada diferença significativa, sendo os valores similares de 34,09 e 35,32 para Campo Belo do Sul e São Joaquim, respectivamente.

Tabela 4. Conteúdo relativo de clorofila (índice SPAD) em folhas de Cabernet Sauvignon em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.

	Campo Belo do Sul	São Joaquim	CV%
Colheita	41,34 a	38,58 b	3,71
Queda das	34,09 a	35,32 a	3,15

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar das diferenças entre as épocas e regiões, todos os valores observados estão nos limites da literatura. Amarante et al. (2009), encontraram valores entre 20 a 40, no medidor portátil de clorofila SPAD 502, em folhas de Cabernet Sauvignon em São Joaquim/SC. Avaliando o índice SPAD em diferentes variedades de *Vitis vinifera*, Fanizza et al. (1991) também observaram valores entre 34 e 44 em folhas totalmente expandidas.

Souza et al. (2013) observaram maior teor relativo de clorofila, 42,15 SPAD, em folhas da videira “Itália”, na fase de maturação dos frutos. Resultado semelhante ao observado nesse trabalho, principalmente na região de Campo Belo do Sul na altitude de 950 m. Já Tecchio et al. (2011) encontraram valores de 38,5 e 39,2 em folhas de “Niagara Rosada” no período da floração.

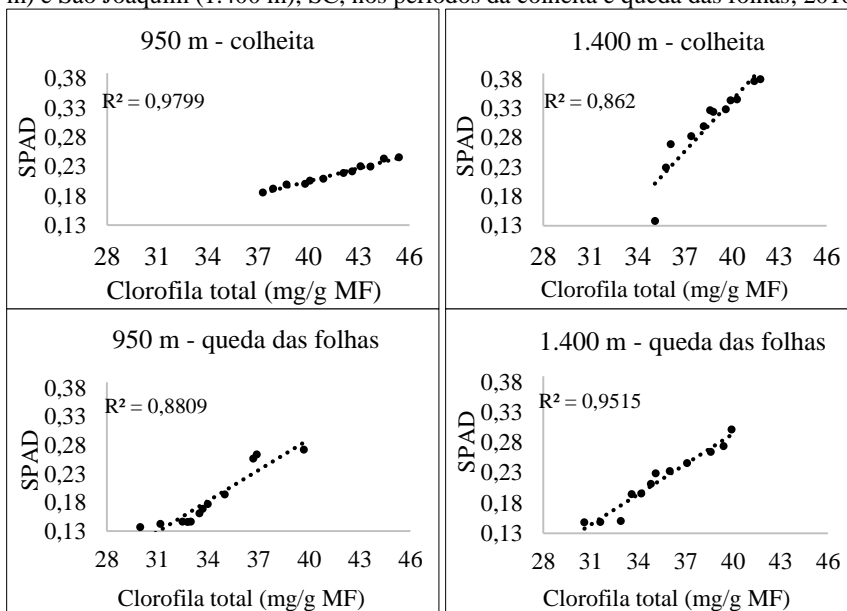
Foi observado uma redução no teor de clorofila nas folhas entre as épocas, sendo mais expressiva para a região de Campo Belo do Sul (950 m), isso indicando que as folhas estavam em estágio de senescência, tendo a queda ocorrido uma semana após a segunda avaliação, diferindo da região de São Joaquim (1.400 m), onde as folhas permaneceram mais um mês na planta.

Foi possível observar aumentos lineares das leituras SPAD conforme ocorre aumento no teor de clorofila total (mg/g MF) nas folhas de Cabernet Sauvignon em ambos períodos de avaliação e regiões de altitude. A relação entre os valores SPAD e os teores de clorofila total apresentou coeficientes de determinação (R^2) entre 0,86 e 0,98 (**Figura 4**).

Os resultados observados estão de acordo com os obtidos por Amarante et al. (2009), em folhas de Cabernet Sauvignon e Jesus e Marengo (2008), em folhas de diferentes espécies vegetais.

Pode-se concluir que a utilização do clorofilômetro SPAD para estimativa não destrutiva dos teores de clorofila nas folhas de Cabernet Sauvignon pode ser utilizado e recomendado para trabalhos de fisiologia. O mesmo foi concluído por Amarante et al. (2009) em estudo similar.

Figura 4. Relação entre leitura do SPAD e a clorofila total (mg/g MF) em folhas de Cabernet Sauvignon cultivada em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.



Em relação às análises de fluorescência da clorofila, os resultados não apresentaram diferenças significativas entre as regiões de altitude de 1.400 m e 950 m no período da colheita, para as variáveis fluorescência mínima, fluorescência máxima e rendimento quântico potencial (**Tabela 5**).

A fluorescência mínima das folhas em Campo Belo do Sul (950 m) foi de 548,73 e em São Joaquim (1.400 m) foi de 495,20. A fluorescência máxima foi 2415,33 e 2143,70 em Campo Belo do Sul e São Joaquim, respectivamente. O rendimento quântico potencial do PSII foi de 0,76 em Campo Belo do Sul e 0,77 em São Joaquim.

No entanto, no período de queda das folhas foi possível observar diferenças significativas entre as diferentes faixas de altitude nos parâmetros de fluorescência máxima e rendimento quântico potencial (**Tabela 5**).

Tabela 5. Fluorescência mínima (Fo), fluorescência máxima (Fm) e rendimento quântico potencial (Fv/Fm) de folhas de Cabernet Sauvignon adaptadas ao escuro em diferentes regiões de altitude, Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), SC, nos períodos da colheita e queda das folhas, 2016.

	Campo Belo do Sul	São Joaquim	CV%
	Colheita		
Fo	548,73 a	495,20 a	9,62
Fm	2415,33 a	2143,70 a	8,28
Fv/Fm	0,76 a	0,77 a	4,87
	Queda das folhas		
Fo	540,33 a	515,60 a	5,45
Fm	1954,63 b	2341,90 a	8,70
Fv/Fm	0,71 b	0,78 a	3,47

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

A fluorescência máxima e o rendimento quântico potencial foram mais elevados em plantas cultivadas na região de São Joaquim (1.400 m), em relação àquelas cultivadas em menor altitude (950 m), como pode-se observar na **Tabela 5**. Isso se deve a maior disponibilidade de luz existente na região mais elevada, tendo grande importância no processo fotossintético (KUNZ et al., 2007).

A fluorescência mínima nesse período não foi diferente entre as regiões de altitude avaliadas (**Tabela 5**). Cruz et al. (2009) observaram aumento da fluorescência inicial e diminuição da fluorescência máxima e variável com o aumento do estresse hídrico em plantas de tangerina e limeira ácida. Segundo os autores, o aumento da fluorescência inicial pode indicar danos no centro de reação do fotossistema II.

Cerqueira et al. (2015) observaram valores de fluorescência mínima e máxima de, respectivamente, 379,0 e 1887,0 para a variedade Syrah e 396,0 e 1970,0 para a variedade Touriga, em tratamento de rega continua, todos inferiores aos obtidos no presente trabalho, em ambas épocas de avaliação.

Düring e Davtyan (2002) encontraram valores de rendimento quântico máximo variando entre 0,75 a 0,80, para duas variedades de videira. Resultados semelhantes foram observados por Peña-Olmos e Casierra-Posada (2013) em folhas de Chardonnay, com valor de 0,80 e por Cerqueira et al. (2015) com valores de 0,79 para as variedades Syrah e Touriga em

condições de rega contínua e entre 0,60 e 0,63 em condições de estresse hídrico seguido de reidratação.

Em condições não estressantes, quando o aparelho fotossintético da planta está intacto, o rendimento quântico máximo deve variar entre 0,75 e 0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). Os valores obtidos nesse trabalho nos dois locais, em ambos períodos de avaliação, estão de acordo com os definidos acima, demonstrando que o aparelho fotossintético estava intacto, mesmo no período de queda das folhas no vinhedo de maior altitude.

O maior valor de rendimento quântico potencial em Campo Belo do Sul (950 m), 0,78 foi observado no período da colheita (meado de março), onde a temperatura média foi de 18,3°C. Na queda das folhas (final de abril), o rendimento foi de 0,71, onde a temperatura média foi de 18,9°C. Além disso, foi observado que as folhas já haviam iniciado o processo de senescência, tendo a queda de todas as folhas ocorrido no início do mês de maio (**Apêndice C**). Tal fato pode ter ocorrido pelo ciclo mais precoce da Cabernet Sauvignon em uma região mais quente ou por problema de sanidade do vinhedo.

No vinhedo situado em São Joaquim (1.400 m), o maior valor de rendimento quântico potencial foi observado no período de queda das folhas (final de abril), 0,78, onde a temperatura média foi de 16,5°C. O rendimento quântico potencial na colheita (início de abril) foi 0,77. Foi observado que o final da queda das folhas de Cabernet Sauvignon nesse local ocorreu no final do mês de maio, ou seja, as folhas permaneceram nas plantas em torno de um mês a mais do que o observado na região de menor altitude (950 m) (**Apêndice C**).

Os valores médios de temperatura média do ar em Campo Belo do Sul são superiores, em média 2,3 °C ao longo do ciclo da planta (**Apêndice A**). O mesmo comportamento foi encontrado por Gavioli (2011) nesses locais, para a variedade Cabernet Sauvignon. O referido autor encontrou valores médios de temperatura média do ar de 15,1°C na região de maior altitude e de 19,5°C na região de menor altitude. Essas diferenças de temperatura ocorrem devido a diferença de altitude entre as regiões e influenciam o ciclo fenológico da videira, sendo o ciclo mais longo em São Joaquim, onde as temperaturas são menores e altitude é maior (BRIGHENTI et al., 2013).

A radiação solar é fundamental para o desenvolvimento e crescimento das plantas, os quais são efetuados por processos fotomorfoгенéticos e fotossintéticos (KUNZ et al., 2007). De acordo com Regina (1993), a atividade fotossintética das folhas da videira cresce

linearmente com o aumento da radiação até 500 a 700 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, intervalo considerado ótimo para a fotossíntese, e atinge o ponto de saturação a partir de 800 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Mota et al. (2009), também encontraram ponto de saturação da fotossíntese para Cabernet Sauvignon em radiação acima de 800 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

No período da maturação a queda das folhas (fevereiro a maio) da videira a radiação fotossinteticamente ativa média horária foi mais elevada a 1.400 m das 6 às 14 h (**Apêndice B**). Resultados semelhantes foram observados por Gavioli (2011) no ciclo 2008/2009.

A radiação observada em ambas regiões no período de avaliação atingiram valores superiores a 500 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ das 10:00 as 16:00 horas e foram suficientes para a adequada realização da fotossíntese pelas folhas da Cabernet Sauvignon. Resultados semelhantes foram observados por Gavioli (2011) e Muniz et al. (2015).

A quantidade de radiação solar pode variar conforme a época do ano, horário do dia e localização geográfica, principalmente em relação a altitude e latitude. Ela costuma aumentar conforme aumenta a altitude do local, pois o menor caminho percorrido através da atmosfera diminui o espalhamento e absorção (GAVIOLI, 2011; VIEIRA et al., 2011). Além disso, a umidade do ar ajuda a absorver a radiação solar, reemitindo-a para o meio (PANDOLFO, 2010).

A umidade relativa do ar foi maior a 950 m, o que pode ter contribuído para diminuir os valores de radiação fotossinteticamente ativa nesse local. Os valores médios de umidade relativa do ar (%) no período de fevereiro a maio foram, em média, 4% mais elevados a 950 m de altitude, variando de 86 a 91%, enquanto a 1.400 m a umidade no período variou de 83 a 86% (**Apêndice A**).

Os resultados das curvas de resposta a luz da variedade Cabernet Sauvignon mostram um comportamento similar nas duas regiões de altitude em cada período, como pode ser observado nas **Figuras 5 e 6**, períodos da colheita e da queda das folhas, respectivamente. Em ambas as épocas, os valores tendem a ser maiores no município de maior altitude (1.400 m).

No período da colheita o valor de ETR máxima (ETRmax) foi de 114,70 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em Campo Belo do Sul e 132,84 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em São Joaquim. A DFFFA saturante em Campo Belo do Sul foi 886 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e em São Joaquim foi 1001 $\mu\text{mol fofons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (**Figura 5**).

No período da queda das folhas, a resposta aos níveis de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foram similares em ambos vinhedos, como

pode-se observar na **Figura 6**. A ETR_{max} em Campo Belo do Sul (950 m) nesse período foi de 32,22 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e em São Joaquim (1.400 m) de 30,90, valores similares. Na região de menor altitude, na queda das folhas, a DFFFA saturante foi de 1279 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e na região de maior altitude foi de 426 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Para Düring e Davtyan (2002), ocorreu uma variação significativa nos valores de ETR (taxa relativa de transporte de elétrons) em variedades de videira, com valores de 40 a 180 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Valores similares aos observados por Ortoidze e Düring (2001), para outras variedades de videira, onde o intervalo foi de 70 a 180 para uma radiação média acima de 100 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Os autores ainda observaram valores de ETR_{max} variando de 85,2 a 219,8 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Os valores obtidos nesse estudo são compatíveis aos encontrados na literatura.

Fréchette et al. (2011) observaram valores entre 60 a 130 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de ETR máxima e 700 a 1200 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de DFFFA_{sat} em folhas de *Picea mariana* e 130 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de ETR máxima e 800 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de DFFFA_{sat} em folhas de *Populus tremuloides*. Li et al. (2008), Avaliando mudas de pepino, encontraram valores de DFFFA_{sat} de 796 e 743 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e 109 e 101 $\mu\text{mol ftons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de ETR_{max} no tratamento controle.

Elevadas taxa de transporte de elétrons indicam uma maior utilização da energia luminosa nos processos fotoquímicos e, consequentemente, demonstram melhor rendimento no processo fotossintético, fato observado no vinhedo de maior altitude no período da colheita (ORTOIDZE; DÜRING, 2001; CARNEIRO et al., 2015).

A DFFFA_{sat} foi mais elevada a 1.400 m no período da colheita e a 950 m na queda das folhas, indicando que nesses locais e épocas a variedade Cabernet Sauvignon precisa de um valor superior de radiação para atingir a máxima eficiência fotossintética.

Os resultados de rendimento quântico, fluorescência da clorofila e curvas de luz demonstram boa resposta fotossintética das plantas na região de maior altitude em ambos períodos, o que não explica a ocorrência de menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon nesse local.

Diversos outros fatores podem afetar a produtividade da videira, como aspectos climáticos do local de cultivo, condição nutricional das plantas, disponibilidade hídrica, manejo das plantas e incidência de pragas e doenças no vinhedo (CHAVARRIA et al., 2009).

Figura 5. Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) e taxa de transporte de elétrons (ETR) ($\mu\text{mol.fotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) versus densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) ($\mu\text{mol.fotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) da variedade Cabernet Sauvignon em condições de luz ambiental a 950 m (A) e 1.400 m (B), SC, no período de colheita, 2016.

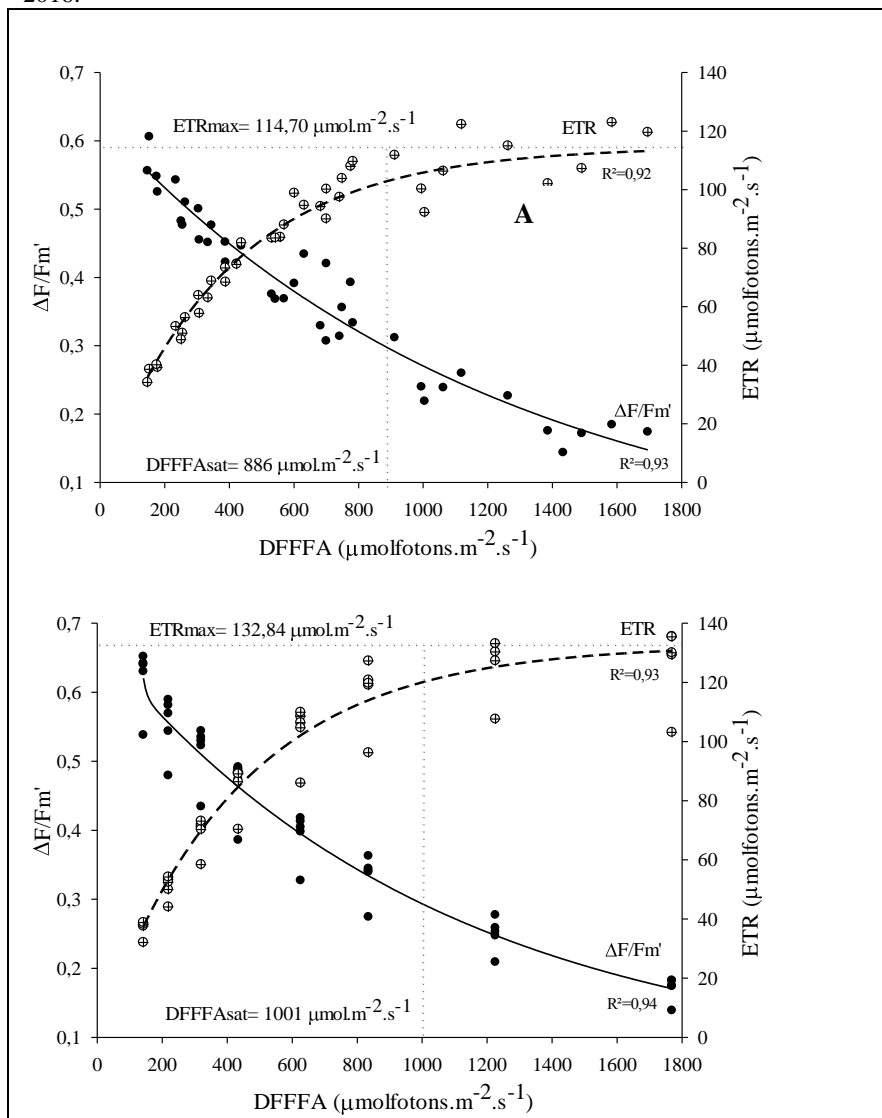
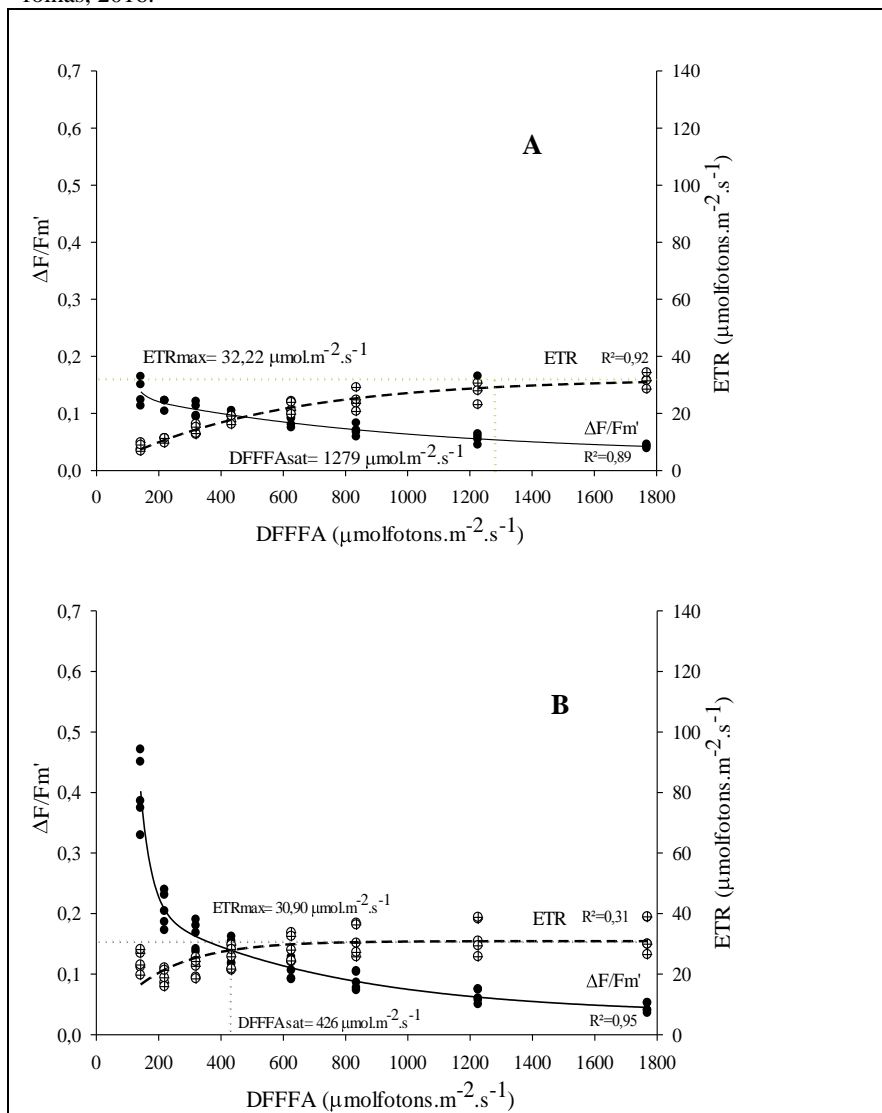


Figura 6. Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/Fm'$) e taxa de transporte de elétrons (ETR) ($\mu\text{mol.fotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) versus densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) ($\mu\text{mol.fotons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) da variedade Cabernet Sauvignon em condições de luz ambiental a 950 m (A) e 1.400 m (B), SC, no período de queda das folhas, 2016.



Conclusões

Os teores de clorofila foram superiores na região de maior altitude (São Joaquim), no período da colheita. No período da queda das folhas não houve diferença significativa entre os locais.

Os resultados de rendimento quântico demonstraram boas condições do aparelho fotossintético da variedade Cabernet Sauvignon nas faixas de altitude de 1.400 e 950 m, em ambos períodos avaliados. Os dados mostraram melhor resposta fotossintética das plantas na região de maior altitude, no período de queda das folhas, o que não explica a ocorrência de menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon nesse local.

Outros fatores podem afetar a produtividade da videira, por isso, são necessários estudos adicionais a fim de compreender as diferenças produtivas entre os locais.

Referências

AMARANTE, Cassandro Vidal Talamini et al. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira ‘Cabernet Sauvignon’ mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 680-686, 2009.

ARNON, Daniel I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant physiology**, v. 24, n. 1, p. 1, 1949.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, Harald Romuald et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

BORGHEZAN, Marcelo et al. Propagação in vitro e avaliação de parâmetros morfofisiológicos de porta-enxertos de videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 783-789, 2003.

BRIGHENTI, Alberto Fontanella et al. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina-Brasil. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1162-1167, 2013.

BRIGHENTI, Alberto Fontanella; BRIGHENTI, Emílio; PASA, Mateus da Silveira. Vitivinicultura de altitude: realidade e perspectivas. In:

SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 12, 2016, São Joaquim, SC. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 2, p.140-146, 2016.

BRIGHENTI, Alberto Fontanella et al. Comparação entre as regiões vitícolas de São Joaquim – SC, Brasil e San Michele All’adige – TN, Itália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 281-288, 2015.

BUSSOTTI, Fillipo et al. **Misurare la vitalità delle piante per mezzo della fluorescenza della clorofilla**. Firenze University Press, 2012, 138p.

CARNEIRO, Marília Mércia Lima Carvalho et al. Fotorrespiração e metabolismo antioxidante em plantas jovens de seringueira cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (NO_3^- e NH_4^+). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p. 66-73, 2015.

CERQUEIRA, Reginaldo Conceição et al. Fisiologia e metabolismo foliar em duas variedades de videira sujeitas a um ciclo de déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 211-217, 2015.

CHAVARRIA, Geraldo et al. Potencial produtivo de videiras cultivadas sob cobertura de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 141-147, 2009.

CRUZ, Maria do Céu Monteiro et al. Fluorescência da clorofila a em folhas de tangerineira 'Ponkan' e limeira ácida 'Tahiti' submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 896-901, 2009.

DÜRING, H.; DAVTYAN, A. Developmental changes of primary processes of photosynthesis in sun-and shade-adapted berries of two grapevine cultivars. **Vitis**, v. 41, n. 2, p. 63-67, 2002.

FANIZZA, G.; RICCIARDI, L.; BAGNULO, C. Leaf greenness measurements to evaluate water stressed genotypes in *Vitis vinifera*. **Euphytica**, v. 55, n. 1, p. 27-31, 1991.

FRÉCHETTE, Emmanuelle et al. Will changes in root-zone temperature in boreal spring affect recovery of photosynthesis in *Picea mariana* and

Populus tremuloides in a future climate? **Tree physiology**, v. 31, n. 11, p. 1204-1216, 2011.

GAVIOLI, Olavo. **Comportamento vitícola da variedade Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) em dois municípios do Planalto Sul Catarinense**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

JESUS, Simone Verdes de; MARENCO, Ricardo Antonio. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta amazônica**, v.38, p.815-818, 2008.

KARTHIKEYAN, Kosalaraman; SHANMUGAM, Munisamy. Grain yield and functional properties of red gram applied with seaweed extract powder manufactured from *Kappaphycus alvarezii*. **International Journal of Recent Advance in Multidisciplinary Research**, v. 3, n. 3, p. 1353-1359, 2016.

KUNZ, Jefferson Horn et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LI, Qing-Ming et al. Interactive effects of drought stresses and elevated CO₂ concentration on photochemistry efficiency of cucumber seedlings. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 10, p. 1307-1317, 2008.

LIMA, Adriano et al. Cooking impact in color, pigments and volatile composition of grapevine leaves (*Vitis vinifera* L. var. Malvasia Fina and Touriga Franca). **Food Chemistry**, v. 221, p. 1197-1205, 2017.

MOTA, Clenilso Sehnem et al. Disponibilidade hídrica, radiação solar e fotossíntese em videiras ‘Cabernet Sauvignon’ sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 432-439, 2009.

MUNIZ, Jaqueline Nogueira et al. Viticultural Performance of Merlot and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) Cultivated in High Altitude Regions of Southern Brazil. **Journal of Life Sciences**, v. 9, p. 399-410, 2015.

ORTOIDZE, T.; DÜRING, H. Light utilization and thermal dissipation in light-and shade-adapted leaves of *Vitis* genotypes. **VITIS-Journal of Grapevine Research**, v. 40, n. 3, p. 131-136, 2001.

PANDOLFO, Cristina. **Sistemas atmosféricos, variáveis meteorológicas e mudanças climáticas na potencialidade do cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) no Estado de Santa Catarina**. 2010. 171 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PEÑA-OLMOS, Jaime Ernesto; CASIERRA-POSADA, Fánor. Chlorophyll Fluorescence in Partially Defoliated Grape Plants (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, Medellín, v. 66, n. 1, p. 6881-6889, 2013.

REGINA, Murillo de Albuquerque. **Réponses des cépages de *Vitis vinifera* L. aux variations de l'environnement: effets de la contrainte hydrique sur la photosynthèse, la photorespiration et la teneur en acide abscissique des feuilles**. 1993. 213 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Bordeaux II, Bordeaux.

SILVA, Leonardo Cury et al. Photosynthetic behavior of the grapevine 'Itália' in relation to water availability in protected cultivation. In: WORLD CONGRESS OF VINE AND WINE, 37, 2014, Mendoza, Argentina. **Anais**. Mendoza: International Organization of Vine and Wine, 2014.

SOUZA, Edson Luiz; Souza, André Luiz Kulkamp; CALIARI, Vinicius. Cultivares de videira para vinhos finos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 14, 2015, Fraiburgo, SC. **Anais**. Caçador: Epagri, vol 1 (palestras), 2015. 126p.

SOUZA, Essione R. et al. Variação de carboidratos em folhas da videira 'Itália' submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 535-539, 2013.

TECCHIO, Marco Antonio et al. Teores foliares de nutrientes, índice relativo de clorofila e teores de nitrato e de potássio na seiva do pecíolo na videira 'Niagara Rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 649-659, 2011.

VIEIRA, Hamilton Justino et al. Comparação da disponibilidade de radiação solar global e fotoperíodo entre as regiões vinícolas de Campo Belo do Sul – SC, Brasil e Pech Rouge, França. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 33, n. 4, p.1055-1065, 2011.

WEBB, Leanne B.; WHETTON, Penny. H.; BARLOW, Edward William R. Modelled impact of future climate change on the phenology of wine grapes in Australia. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, p. 165-175, 2007.

ZALAMENA, Jovani et al. Physiological characterization of grapevine rootstocks grown in soil with increasing zinc doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 973-980, 2015.

ZART, Marcelo et al. Caracterização morfofisiológica de plantas de videira atacadas por pérola-da-terra. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1187-1200, 2014.

CAPÍTULO III. Acúmulo de reservas na videira ‘Cabernet Sauvignon’ em duas regiões de altitude do Planalto Catarinense

Resumo – O objetivo deste estudo foi quantificar os teores de carboidrato e amido em ramos, gemas e folhas de Cabernet Sauvignon em regiões de altitude São Joaquim e Campo Belo do Sul, com 1.400 e 950 m, respectivamente. Para isso, foram coletadas folhas de Cabernet Sauvignon nos períodos da colheita da uva e queda das folhas. Os ramos e gemas foram coletados nos períodos de colheita, queda das folhas e poda. No período da colheita o teor de carboidratos nos ramos de Cabernet Sauvignon em São Joaquim foi superior ao encontrado em Campo Belo do Sul. Não foram observadas diferenças significativas para valores de carboidratos nos ramos nos períodos da queda das folhas e da poda. Os teores de carboidratos nos ramos em Campo Belo do Sul foram superiores no período da poda. Em São Joaquim, os maiores valores foram observados na colheita e na poda. Os teores de carboidratos nas gemas não diferiram entre as duas regiões em nenhum dos períodos avaliados. Os maiores teores de carboidrato nas gemas foram observados nos períodos da colheita e da poda em ambos os locais. Os teores de carboidratos nas folhas nas duas regiões foram semelhantes em ambos períodos avaliados. Em todas as épocas os teores de amido nos ramos foram similares entre as regiões. O teor de amido nos ramos na região de Campo Belo do Sul foi superior no período da poda. Na região de São Joaquim não houve diferença entre as épocas. Não foram observadas diferenças nos teores de amido em gemas entre os locais em nenhum dos períodos. A concentração de amido em gemas de Cabernet Sauvignon foi superior no período da poda em ambas regiões. Os teores de amido em folhas foram superiores em Campo Belo do Sul em ambos períodos. Os valores foram superiores no período da colheita em Campo Belo do Sul e não houve diferença entre as épocas em São Joaquim. As concentrações de carboidratos e amido em folhas de Cabernet Sauvignon foram superiores na região de menor altitude, ou seja, em Campo Belo do Sul. Os teores de carboidrato e amido em ramos e gemas da variedade foram similares entre as regiões em todos os períodos avaliados. Os resultados demonstram acúmulo de reservas semelhante entre os locais, o que não explica a ocorrência da menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon na região de altitude superior (São Joaquim). Por isso, são necessários estudos adicionais a fim de compreender as diferenças produtivas entre os locais.

Termos para indexação: *Vitis vinifera* L. Regiões de altitude. Amido. Carboidratos.

Abstract – The aim of this study was to quantify the carbohydrate and starch contents in Cabernet Sauvignon branches, buds and leaves in São Joaquim and Campo Belo do Sul, with 1,400 and 950 m respectively. For this, Cabernet Sauvignon leaves were collected during grape harvest and leaf fall periods. Branches and buds were collected during harvest, leaf fall and pruning periods. In the harvest period the carbohydrate content in the Cabernet Sauvignon branches in São Joaquim was higher than that found in Campo Belo do Sul. No significant differences were observed for carbohydrate values in the branches during leaf fall and pruning periods. The carbohydrate content in the branches in Campo Belo do Sul was higher during the pruning period. In São Joaquim, the highest values were observed at harvest and pruning. The carbohydrate contents in the buds did not differ between the two regions in any of the evaluated periods. The highest carbohydrate contents in the buds were observed during harvesting and pruning periods at both sites. Carbohydrate contents in leaves in both regions were similar in both evaluated periods. In all seasons the starch contents in the branches were similar between the regions. The starch content in the branches in the Campo Belo do Sul region was higher during the pruning period. In the region of São Joaquim there was no difference between the seasons. No differences were observed in starch contents in buds between sites in any of the periods. The concentration of starch in Cabernet Sauvignon buds was higher during the pruning period in both regions. The leaf starch content was higher in Campo Belo do Sul in both periods. The values were higher in the harvest period in Campo Belo do Sul and there was no difference between the seasons in São Joaquim. Carbohydrate and starch concentrations in leaves of Cabernet Sauvignon were higher in the region of lower altitude, that is, in Campo Belo do Sul. Carbohydrate and starch contents in shoots and buds of the variety were similar between the regions in all evaluated periods. The results show similar reserve accumulation between the sites, which does not explain the occurrence of lower productivity of the Cabernet Sauvignon variety in the higher altitude region (São Joaquim). Therefore, additional studies are needed to understand the productive differences between sites.

Index terms: *Vitis vinifera* L. Altitude regions. Starch. Carbohydrate.

Introdução

A variedade Cabernet Sauvignon apresenta potencial para produção de vinhos de qualidade em regiões de altitude, no entanto vem apresentando

menor produtividade na região de São Joaquim, onde a altitude é mais elevada, em relação a Campo Belo do Sul (GAVIOLI, 2011; BRIGHENTI et al., 2015; MUNIZ et al., 2015).

O potencial produtivo da videira pode ser influenciado pelo acúmulo de reservas nos ramos e raízes da planta. Além disso, o conteúdo de carboidratos e amido nas gemas possui uma correlação positiva com a fertilidade das mesmas (VASCONCELOS et al., 2009; SOUZA; RIBEIRO; PIONÓRIO, 2011).

O período de acúmulo de reservas na videira inicia-se com a maturação e colheita dos frutos e termina após a queda natural das folhas (HIDALGO, 2002). Nesse período, a maior parte dos fotoassimilados que eram dirigidos aos frutos translocam-se para outras partes da planta, nas quais o açúcar oriundo da fotossíntese é convertido em amido (SCARPARE FILHO et al., 2010).

Para início de um novo ciclo vegetativo, o amido armazenado nos órgãos de reserva é revertido em açúcares, os quais são remobilizados e utilizados na nutrição das novas brotações, até que as novas folhas sejam capazes de exportar fotoassimilados (KELLER, 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho quantificar os teores de carboidrato e amido em ramos, gemas e folhas da variedade nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m) em Santa Catarina.

Material e Métodos

As áreas experimentais estão nos municípios de Campo Belo do Sul e São Joaquim. A unidade de Campo Belo do Sul, 950m de altitude, a uma latitude de 27°40'04"S e longitude 50°44'48" O. O vinhedo pertence à Vinícola Abreu Garcia e foi implantado em 2008, com espaçamento de 3 m entre linhas e 1 m entre plantas. O vinhedo de São Joaquim pertence à Estação Experimental da Epagri, com altitude de 1.400 m, latitude e longitude de, respectivamente, 28°16'30,08"S, 49°56'09,34"O. O vinhedo implantado em 2006, com espaçamento 3m entre linhas e 1,5 m entre plantas. Ambos os vinhedos foram implantados em sistema de condução tipo espaldeira, com porta-enxerto Paulsen. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Cfb (temperado), caracterizado por apresentar as quatro estações do ano bem definidas e com baixas temperaturas durante o inverno.

Foram realizadas as avaliações de carboidratos e amido em ramos e gemas, de Cabernet Sauvignon, coletadas nos períodos de colheita, queda das

folhas e poda. Para isso foram coletados um ramo por planta de quatro plantas em cada época e local.

Para a determinação do teor de carboidratos solúveis totais foi utilizado o método fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956), onde 500 mg do material foram secos em estufa (65°C por 72 horas), moídos e posteriormente transferidos para tubos falcon, adicionados 2 ml de etanol (80%) e mantido em banho maria (70°C) por 5 minutos. Os extratos foram centrifugados à 3.000 rpm por 10 min. O sobrenadante foi filtrado em lâ de vidro. Esse processo foi repetido três vezes e o volume final foi ajustado para 5 ml com etanol (80%). Após, 25 µl do material resultante foram pipetados em tubos de ensaio de 10 ml e adicionados 475 µl de água destilada, 0,5 ml de fenol (5%) e 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado (96%). A absorbância foi medida em 490 nm. O teor de carboidratos totais foi estimado a partir de uma curva padrão determinada com base em um carboidrato padrão (D-glucose) e expresso em mg por grama de massa fresca (mg/g massa fresca).

Para a quantificação do teor de amido do material, ao precipitado resultante da extração dos carboidratos, foram adicionados 1 ml de água destilada gelada (4°C) e 1,3 ml de ácido perclórico (52%), mantendo em agitação por 15 min. Em seguida foram adicionados 2 ml de água destilada gelada e a solução foi centrifugada à 3.000 rpm por 15 min e posteriormente filtrada em lâ de vidro. Ao resíduo foram adicionados 0,5 ml de água destilada gelada (4°C) e 0,7 ml de ácido perclórico (52%), mantendo em agitação por 15 min. A solução foi novamente centrifugada à 3.000 rpm por 15 min, filtrada em lâ de vidro e o volume foi ajustado para 10 ml com água destilada. Após, foram retirados 25 µl do extrato e adicionados 475 µl de água destilada, 0,5 ml de fenol (5%) e 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado (96%). A absorbância foi medida em 490 nm. O teor de amido foi estimado a partir de uma curva padrão e expresso em mg por grama de massa fresca (mg/g MF).

Os dados de carboidrato e amido nos tecidos em cada época amostrada foram submetidos à análise da variância (ANOVA) seguido do Teste t ($\alpha = 0,05$) contrastando-se os locais de avaliação.

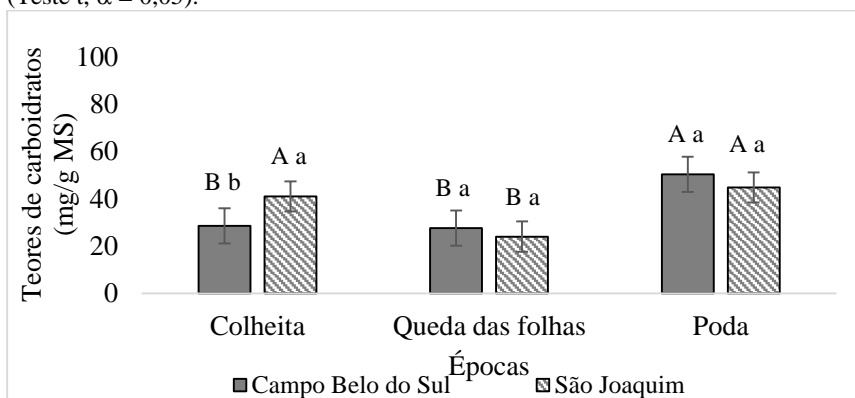
Os dados de carboidrato e amido em folhas de cada região foram submetidos à ANOVA seguido do Teste t ($\alpha = 0,05$), contrastando-se épocas de avaliação.

Os dados de carboidrato e amido em ramos e gemas de cada região foram submetidos à ANOVA seguido do Teste Tukey ($\alpha = 0,05$), contrastando-se as épocas de avaliação.

Resultados e Discussão

Os teores de carboidratos totais em ramos de Cabernet Sauvignon nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m), nos períodos da colheita, queda das folhas e poda, podem ser observados na **Figura 7**.

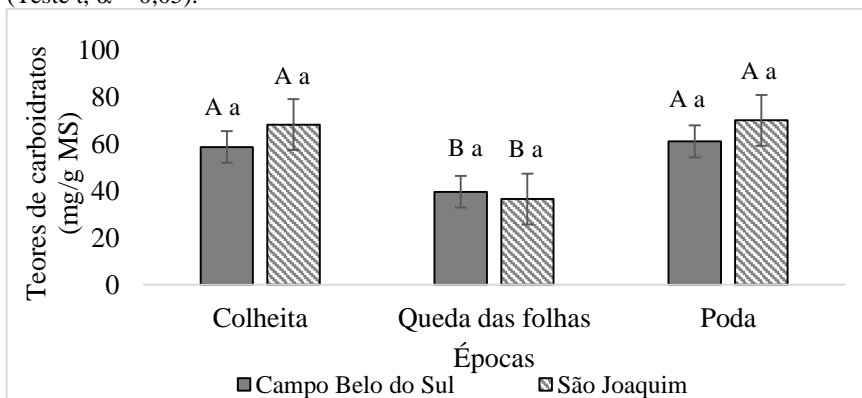
Figura 7. Teores de carboidratos (mg/g MS) em ramos de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).



No período da colheita o conteúdo de carboidratos nos ramos de Cabernet Sauvignon a São Joaquim (1.400 m) foi superior ao encontrado em Campo Belo do Sul (950 m). Na queda das folhas e na poda os teores de carboidratos nos ramos foram similares entre os locais. O teor de carboidratos nos ramos de Cabernet Sauvignon, na região de Campo Belo do Sul foram superiores no período da poda. Na região de São Joaquim, os maiores teores de carboidrato nos ramos foram observados nos períodos da colheita e da poda (**Figura 7**).

Os teores de carboidratos totais em gemas de Cabernet Sauvignon nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m), nos períodos da colheita, queda das folhas e poda, podem ser observados na **Figura 8**.

Figura 8. Teores de carboidratos (mg/g MS) em gemas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).



Os teores de carboidratos nas gemas não diferiram entre as duas regiões de altitude em nenhum dos períodos avaliados. Os maiores teores de carboidratos nas gemas foram observados nos períodos da colheita e da poda em ambos os locais avaliados (**Figura 8**).

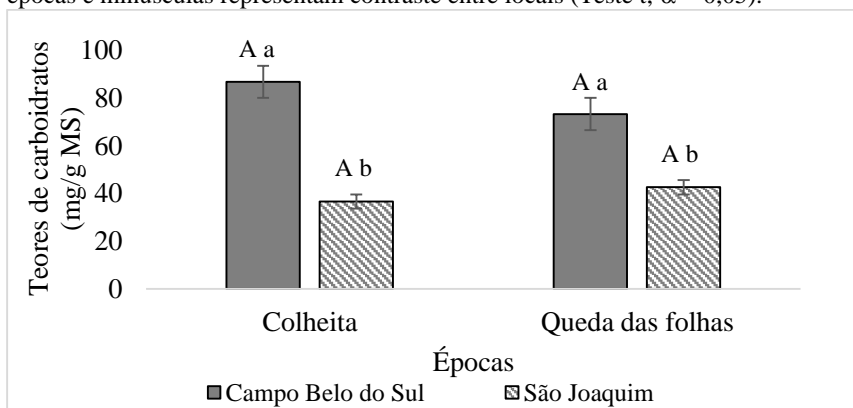
Os teores de carboidratos totais em folhas de Cabernet Sauvignon nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m), nos períodos da colheita, queda das folhas, podem ser observados na **Figura 9**.

Nos períodos da colheita e queda das folhas a quantidade de carboidratos nas folhas foi maior em Campo Belo do Sul. Os conteúdos de carboidratos nas folhas da variedade não diferiram estatisticamente entre os períodos avaliados (**Figura 9**).

Nos períodos de colheita e queda das folhas as maiores concentrações de carboidratos, em ambos locais, foram observadas nas folhas.

De acordo com Souza, Ribeiro e Pionório (2011), as maiores quantidades de açúcares solúveis e amido estão presentes nas folhas, em comparação com os sarmentos e raízes, sendo as folhas são responsáveis pela produção de carboidratos nos vegetais, o que se dá através do processo fotossintético. São elas que exportam esses nutrientes para os outros órgãos da planta (DUARTE; PEIL, 2010; SOUZA et al., 2013).

Figura 9. Teores de carboidratos (mg/g MS) em folhas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em duas épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).

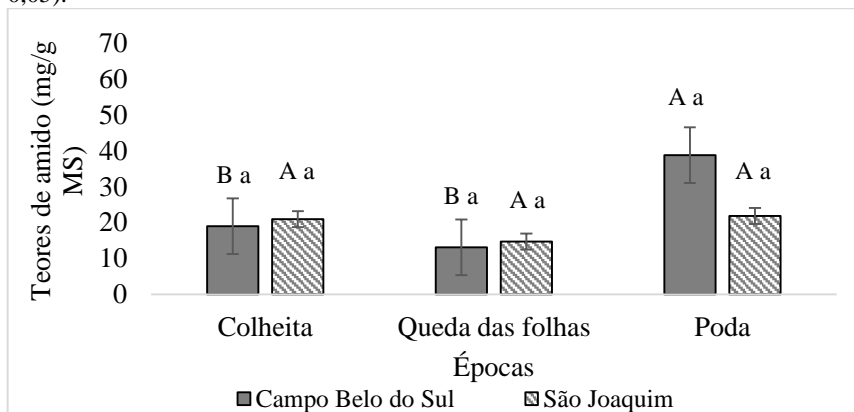


Até a maturação dos frutos, a maior parte dos fotoassimilados é dirigido para os frutos. Após a colheita os carboidratos são direcionados para outras partes das plantas, onde podem ser convertidos em amido (SCARPARE FILHO et al., 2010).

Os resultados da quantificação de amido nos ramos de Cabernet Sauvignon nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m), nos períodos de colheita, queda das folhas e poda, podem ser observados na **Figura 10**.

Em todos os períodos avaliados os teores de amido nos ramos foram similares para Campo Belo do Sul e São Joaquim. O teor de amido nos ramos na região de Campo Belo do Sul foi superior no período da poda. Na região de São Joaquim não foram observadas diferenças significativas entre os períodos avaliados (**Figura 10**).

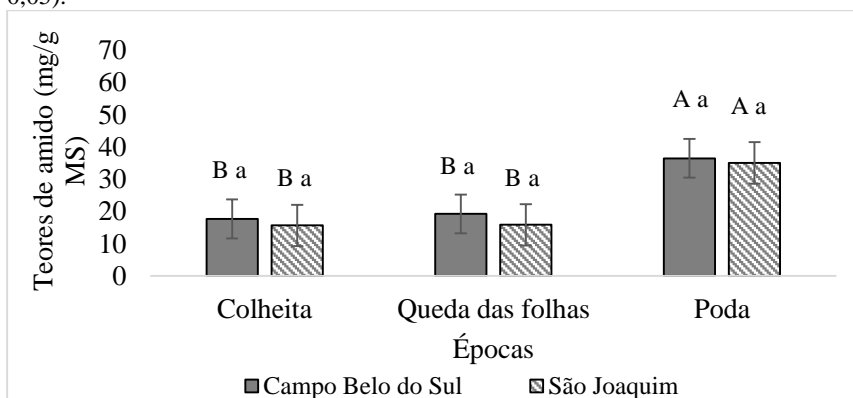
Figura 10. Teores de amido (mg/g MS) em ramos de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).



Os teores de amido em gemas de Cabernet Sauvignon nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m), nos períodos da colheita, queda das folhas e poda, podem ser observados na **Figura 11**.

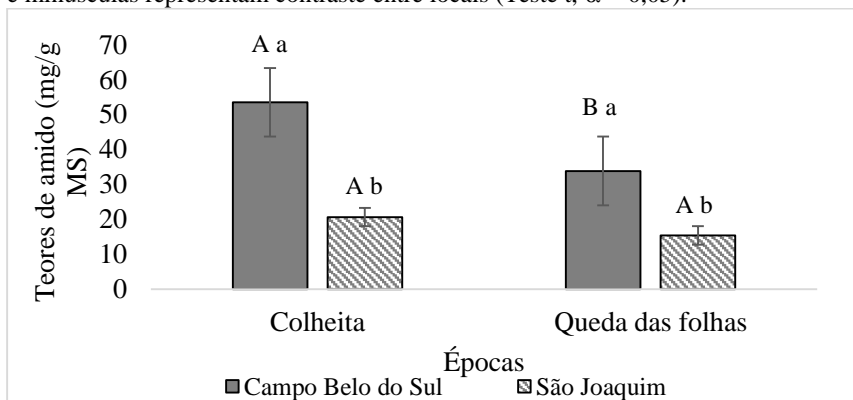
Não foram observadas diferenças significativas nos teores de amido em gemas entre os locais nos períodos avaliados. A concentração de amido em gemas de Cabernet Sauvignon foi superior no período da poda em ambas regiões (**Figura 11**).

Figura 11. Teores de amido (mg/g MS) em gemas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em três épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas (Teste Tukey, $\alpha = 0,05$) e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).



Os teores de amido em folhas de Cabernet Sauvignon nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m), nos períodos da colheita e queda das folhas, podem ser observados na **Figura 12**.

Figura 12. Teores de amido (mg/g MS) em folhas de 'Cabernet Sauvignon' em duas regiões de altitude, Campo Belo do Sul e São Joaquim, SC, em duas épocas distintas, 2016. Letras maiúsculas superiores as colunas representam o contraste entre épocas e minúsculas representam contraste entre locais (Teste t, $\alpha = 0,05$).



Na colheita e na queda das folhas os teores de amido nas folhas foram superiores em Campo Belo do Sul. Os teores de amido nas folhas da variedade foram superiores no período da colheita em Campo Belo do Sul. Em São Joaquim não foram observadas diferenças significativas, sendo os teores de amido nas folhas similares em ambos períodos (**Figura 12**).

Para Brunetto et al. (2008) os teores de reservas em gemas da videira Chenin Blanc em região de altitude, foram de amido 66,2 mg/g MS e de carboidratos de 37,6 mg/g MS. Os teores de carboidrato nas gemas obtidos no presente trabalho foram semelhantes aos observados pelos autores acima, sendo superiores nos períodos de colheita e poda e similares na queda das folhas, para as ambas regiões de altitude avaliadas. No entanto, o teor de amido nas gemas observado por Brunetto et al. (2008) foi superior ao observado nesse trabalho.

Rosa et al. (2014) avaliaram teores de carboidrato e amido em gemas de Cabernet Sauvignon na região de São Joaquim na entrada da dormência (maio) e dormência plena (agosto). O teor médio de carboidratos solúveis totais observado nas gemas na entrada da dormência foi de 13,91 mg/g MF. O teor de amido encontrado foi de 9,95 mg/g MF. Os valores de carboidratos encontrados pelos autores são inferiores aos observados no presente estudo. Já em relação ao teor de amido, o valor obtido pelos autores foi similar ao observado nesse trabalho nos períodos de colheita (março/abril) e queda das folhas (final de abril). Os valores obtidos pelos autores na plena dormência de carboidratos (18,90 mg/g MF) e de amido (7,15 mg/g MF), ambos inferiores aos observados no presente trabalho no mesmo período.

Em estacas do porta-enxerto de videira “IAC 572” antes do enraizamento, Souza et al. (2015) encontraram 35,0 mg/g MS de carboidratos totais, resultado este semelhante ao observado nesse trabalho.

Analisando os teores de reserva em folhas de porta-enxerto de videira P1103 em solos contaminados com cobre, Rosa et al. (2016) encontraram 1,12 mg/g MF de amido e valores próximos a 8,0 mg/g MF de carboidratos solúveis. Santos et al. (2013) encontraram teores médios de açúcares em folhas da videira “Syrah” de 1,64 mg/g MF em condição de irrigação plena. Os autores citados acima encontraram valores inferiores aos obtidos nesse trabalho.

Os órgãos responsáveis pela síntese e exportação de carboidratos são conhecidos como fontes, sendo as folhas os principais. Os carboidratos utilizados pelas partes das plantas que não realizam fotossíntese, conhecidos como drenos, são fornecidos pelos órgãos fontes (SCHULTZ et al., 2013).

Segundo Souza et al. (2013), a concentração de açúcares nas folhas da videira pode refletir a sua capacidade de translocação para os tecidos de reserva.

Assim como o observado nesse estudo em ramos e gemas de videira, Zufferey et al. (2012) observaram um aumento na concentração de carboidratos entre a queda das folhas e o período de dormência que antecede a brotação das plantas.

Zufferey et al. (2012) observaram a maior concentração de carboidratos nos tecidos de reserva nos períodos de temperaturas médias diárias mais baixas. O mesmo foi observado no presente trabalho, onde os maiores teores de carboidratos em ramos e gemas foram observados no período da poda da videira, ou seja, no inverno.

Estudando a alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro em duas altitudes, Laviola et al. (2007) observaram maiores concentrações de amido e açúcares solúveis totais em folhas de cafeeiro na região de menor altitude. Para estes autores as menores temperaturas da região mais elevada tenham reduzido as atividades enzimáticas e, consequentemente diminuído a velocidade de acúmulo de carboidratos. O mesmo foi observado no presente trabalho, onde os maiores teores de carboidrato e amido nas folhas foram encontrados na região de Campo Belo do Sul de 950 m de altitude em comparação com São Joaquim de 1400 m de altitude.

As maiores concentrações de carboidratos e amido foram observadas nas folhas de Cabernet Sauvignon cultivadas na região de menor altitude de Campo Belo do Sul, a 950 metros de altitude, possivelmente devido às condições climáticas da região serem mais favoráveis à realização da fotossíntese e, consequentemente, à síntese de fotoassimilados.

A maior concentração de carboidratos e amido em ramos e gemas observada no período da poda tem origem na translocação de reservas das folhas, que ocorre após a colheita dos frutos. Isso ocorre para que seja possível o início de um novo ciclo, onde as reservas são necessárias como fonte energética das novas brotações.

Os resultados demonstram acúmulo de reservas semelhante entre os locais, o que não explica a ocorrência de menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon na região de São Joaquim. No entanto, diversos outros fatores podem afetar a produtividade da videira, como aspectos climáticos do local de cultivo, condição nutricional das plantas, disponibilidade hídrica, manejo das plantas e incidência de pragas e doenças no vinhedo (CHAVARRIA et al., 2009).

Conclusões

As concentrações de carboidratos e amido em folhas de Cabernet Sauvignon foram superiores na região de menor altitude, ou seja, em Campo Belo do Sul. Os teores de carboidrato e amido em ramos e gemas da variedade foram similares entre as regiões em todos os períodos avaliados.

Em Campo Belo do Sul, as maiores concentrações de carboidratos e amido em ramos e gemas foram observadas no período da poda. Em São Joaquim as quantidades foram semelhantes na colheita e na poda, sendo superiores em relação a queda das folhas. Esses assimilados são provenientes das folhas e serão utilizados como fonte energética para as novas brotações.

Os resultados demonstram acúmulo de reservas semelhante entre os locais, o que não explica a ocorrência da menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon na região de altitude superior (São Joaquim). Por isso, são necessários estudos adicionais a fim de compreender as diferenças produtivas entre os locais.

Referências

BRIGHENTI, Alberto Fontanella et al. Comparação entre as regiões vitícolas de São Joaquim – SC, Brasil e San Michele All’adige – TN, Itália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 281-288, 2015.

BRUNETTO, Gustavo et al. Aplicação foliar de nitrogênio em videira: avaliação do teor na folha e das reservas nitrogenadas e de carboidratos nas gemas dos ramos do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1119-1123, 2008.

CHAVARRIA, Geraldo et al. Potencial produtivo de videiras cultivadas sob cobertura de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 141-147, 2009.

DUARTE, Tatiana da Silva; PEIL, Roberta M. N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 03, p. 271-276, 2010.

DUBOIS, Michel et al. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p. 350–356, 1956.

GAVIOLI, Olavo. **Comportamento vitícola da variedade Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) em dois municípios do Planalto Sul Catarinense**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HIDALGO, Luiz. **Tratado de viticultura general**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2002. 1235p.

KELLER, Markus. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. Academic Press, 2015.

LAVIOLA, Bruno Galvêas et al. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, 2007.

MUNIZ, Jaqueline Nogueira et al. Viticultural Performance of Merlot and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) Cultivated in High Altitude Regions of Southern Brazil. **Journal of Life Sciences**, v. 9, p. 399-410, 2015.

ROSA, Aline Mabel et al. Fertilidade e reservas de carbono e nitrogênio em gemas de ramos das viníferas ‘Cabernet Sauvignon’ e ‘Nebbiolo’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 576-585, 2014.

ROSA, Daniel José et al. Parâmetros fisiológicos em videiras ‘Paulsen 1103’ (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo contaminado com cobre. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 31, n. 1, p. 14-23, 2016.

SANTOS, Caio Marcos Guimarães; MOREIRA, Márcia Moura; RODRIGUES, João Domingos. Metabolismo da videira ‘Syrah’ no semiárido nordestino sob três estratégias hídricas. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 3611-3623, 2013.

SCARPARE FILHO, João Alexio et al. Rendimento de uva “Niagara Rosada” submetida à redução de área foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.3, p.778-785, 2010.

SCHULTZ, Jack C. et al. Flexible resource allocation during plant defense responses. **Frontiers in plant science**, v. 4, p. 324, 2013.

SOUZA, Essione Ribeiro et al. Conteúdo de carboidratos em estacas de videira do porta-enxerto cv. IAC 572. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 8, n. 2, 2015.

SOUZA, Essione Ribeiro et al. Variação de carboidratos em folhas da videira 'Itália' submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 535-539, 2013.

SOUZA, Essione Ribeiro; RIBEIRO, Valtemir Gonçalves; PIONÓRIO, José Anchieta Assunção. Percentagem de fertilidade gemas e teores carboidratos contidos em raízes, sarmentos e folhas da videira cultivar Itália. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, PR, v.4, n.1, p. 83-95, 2011.

VASCONCELOS, M. Carmo et al. The flowering process of *Vitis vinifera*: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 60, n. 4, p. 411-434, 2009.

ZUFFEREY, Vivian et al. Carbohydrate reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L. 'Chasselas'): the influence of the leaf to fruit ratio. **VITIS - Journal of Grapevine Research**, v. 51, n. 3, p. 103, 2012.

3. CONCLUSÃO

Os teores de clorofila foram superiores na região de maior altitude (São Joaquim), no período da colheita. No período da queda das folhas não houve diferença significativa entre os locais.

O rendimento quântico observado nesse trabalho demonstra boas condições do aparelho fotossintético da variedade Cabernet Sauvignon nas faixas de altitude de 1.400 e 950 m, em ambos períodos avaliados. Os dados mostraram melhor resposta fotossintética das plantas na região de maior altitude, no período de queda das folhas.

As maiores concentrações de carboidratos e amido em folhas de Cabernet Sauvignon foram observadas na região de menor altitude, ou seja, em Campo Belo do Sul, devido às suas condições climáticas mais favoráveis à atividade fotossintética. Os teores de carboidrato e amido em ramos e gemas da variedade foram similares entre as regiões em todos os períodos avaliados.

Em Campo Belo do Sul, as maiores concentrações de carboidratos e amido em ramos e gemas foram observadas no período da poda. Em São Joaquim a quantidade as maiores quantidades foram encontradas na poda e na colheita, sendo os valores similares nessas duas épocas. Esses assimilados são provenientes das folhas, como fonte energética para as novas brotações que darão origem a um novo ciclo.

Os resultados obtidos nesse estudo demonstram boas condições fotossintéticas das folhas e bom acúmulo de reservas em plantas de Cabernet Sauvignon em São Joaquim. Tais resultados não explicam a ocorrência de menor produtividade da variedade Cabernet Sauvignon nesse local. No entanto, diversos outros fatores podem afetar a produtividade da videira, por isso são necessários estudos adicionais a fim de compreender as diferenças produtivas entre as regiões.

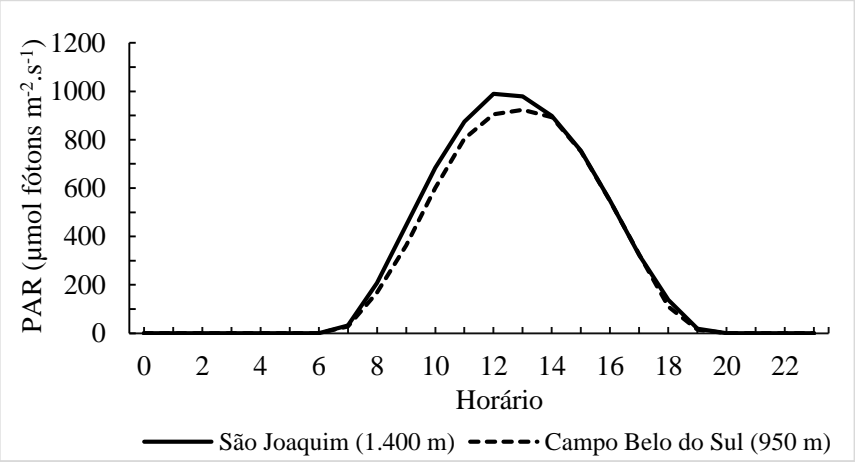
APÊNDICE A

Valores mensais médios de temperatura máxima – T.máx, média – T. méd. e mínima - T. mín (°C) e umidade relativa - UR (%) do ar e somatório da precipitação pluviométrica – PP (mm) nas regiões de altitude de Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), no período de setembro de 2015 a agosto de 2016.

Campo Belo do Sul (950 m)					
Data	T. máx. (°C)	T. méd. (°C)	T. mín (°C)	PP (mm)	UR (%)
Set/15	21,2	15,5	10,8	309	85
Out/15	22,0	16,7	13,3	373	90
Nov/15	22,6	17,8	14,2	178	90
Dez/15	26,0	20,5	17,0	233	89
Jan/16	26,9	21,0	16,9	226	84
Fev/16	26,9	21,4	18,1	203	89
Mar/16	23,9	18,3	14,3	248	87
Abr/16	24,8	18,9	14,7	177	86
Mai/16	16,8	12,2	8,8	149	91
Jun/16	14,6	8,9	4,7	32	87
Jul/16	17,9	11,5	6,6	63	86
Ago/16	18,8	12,6	8,0	115	86
São Joaquim (1.400 m)					
Data	T. máx. (°C)	T. méd. (°C)	T. mín (°C)	PP (mm)	UR
Set/15	18,0	13,1	9,0	375	80
Out/15	19,4	14,6	10,7	345	84
Nov/15	19,7	15,0	11,4	124	86
Dez/15	22,5	17,7	14,4	208	87
Jan/16	23,5	18,1	14,1	128	80
Fev/16	23,6	18,4	14,8	169	84
Mar/16	20,8	15,7	12,1	156	85
Abr/16	21,1	16,5	13,1	152	83
Mai/16	14,3	10,1	6,8	103	86
Jun/16	12,8	7,5	3,2	18	75
Jul/16	15,6	10,1	5,6	193	75
Ago/16	16,4	11,3	7,3	126	74

APÊNDICE B

Valores horários médios da radiação fotossinteticamente ativa - PAR ($\mu\text{mol f\acute{o}tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), no período de fevereiro a maio de 2016, nas regiões de altitude de São Joaquim (1.400 m) e Campo Belo do Sul (950 m).



APÊNDICE C

Data da colheita, início da queda das folhas, final da queda das folhas e poda da variedade Cabernet Sauvignon nas regiões de altitude de Campo Belo do Sul (950 m) e São Joaquim (1.400 m), 2016.

	Campo Belo do Sul	São Joaquim
Colheita	Meado de março	Meado de abril
Início da queda das folhas	Final de abril	Final de abril
Final da queda das folhas	Início de maio	Final de maio
Poda	Final de setembro	Final de setembro